

简单轻松学技能丛书

其实**学习知识**可以很简单
其实**练习技能**可以很轻松

● 韩雪涛 主 编 ●

韩广兴 吴 瑛 副主编

简单轻松



电子电路识图



愉快的学习历程 轻松的学习体验



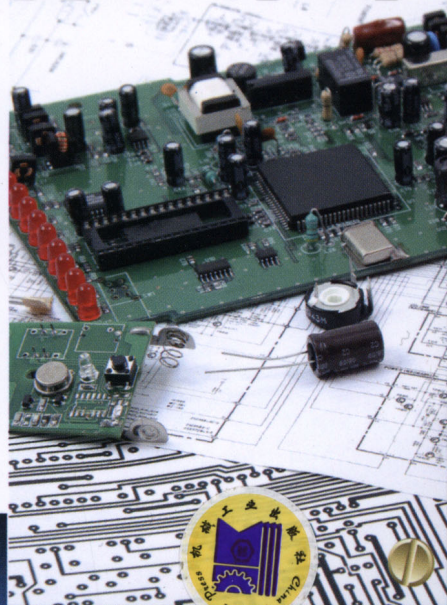
细致的图解演示 精彩的案例指导



轻松的语言表达 直白的情境对话



真实的场景再现 丰富的图解效果



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

简单轻松学技能丛书

简单轻松学

电子电路识图

韩雪涛 主 编

韩广兴 吴 瑛 副主编



机械工业出版社

本书从初学者的学习目的出发,将电子电路识图技能的行业标准和从业要求融入到图书的架构体系中。同时,本书注重知识的循序渐进,注重情景课堂式的口语化和可读性,并在整个编写架构上做了全新的调整,以适应读者的学习习惯和学习特点,将电子电路识图这项技能划分成如下12个教学模块:第1章,认识一下电子电路;第2章,轻松搞定电子电路中的符号标识;第3章,从简单电路入手搞清电路识读的方法;第4章,从基本放大电路入手积累电路识读的经验;第5章,通过案例搞定“脉冲电路”的识读;第6章,通过案例搞定“电源电路”的识读;第7章,通过案例搞定“变换电路”的识读;第8章,通过案例搞定“遥控电路”的识读;第9章,通过案例搞定“逻辑电路”的识读;第10章,通过案例搞定“低频电路”的识读;第11章,通过案例搞定“高频电路”的识读;第12章,通过实际产品电路图锻炼电路识图的实战技能。

本书可作为电工电子专业技能培训的辅导教材,以及各职业技术学院电工电子专业的实训教材,也适合从事电工电子行业生产、调试、维修的技术人员和业余爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

简单轻松学电子电路识图/韩雪涛主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 3

(简单轻松学技能丛书)

ISBN 978-7-111-45660-5

I. ①简… II. ①韩… III. ①电子电路—电路图—识别 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第022845号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:赵玲丽

版式设计:常天培 责任校对:张征

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·17.5印张·474千字

0 001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45660-5

定价:44.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版



近几年，随着电工电子技术的发展，电工电子市场空前繁荣，各种新型、智能的家用电子产品不断融入到人们的学习、生产和生活中。产品的丰富无疑带动了整个电工电子产品的生产制造、调试维修等行业的发展，具备专业电工电子维修技能的专业技术人员越来越受到市场的青睐和社会的认可，越来越多的人希望从事电工电子维修的相关工作。

在电工电子产品的安装、调试、维修的各个领域中，电子电路识图技能是非常重要的一项实用操作技能。随着社会现代化和智能化进程的加剧，该项技能被越来越多的学习者所重视，越来越多的人希望掌握电子电路识图的技能，并凭借该技能实现就业或为自己的职业生涯提供更多的机会和选择。

因此，纵观整个电子电工图书市场，与电子电路识图技能有关的图书是近些年各个出版机构关注的重点，同时也被越来越多的读者所关注；加之该项技能与社会岗位需求紧密相关，技术的更新、行业竞争的加剧，都对电子电路识图技能的学习提出了更多的要求。电子电路识图类的图书每年都有很多新的品种推出，对于我们而言，从2005年至今，有关电子电路识图方面的选题也就从不曾间断，这充分说明了这项技能的受众群体巨大。同时，该项技能作为一项非常重要的基础技能，会随着整个产业链条的发展而发展，随着市场的更新而更新。

我们作为专业的技能培训鉴定和咨询机构，每天都会接到很多读者的来信和来电。他们对我们出版的有关电子电路识图内容的图书表示认可的同时，也对我们提出了更多的希望和要求，并提出了很多针对实际工作现状的图书改进方案。我们对这些意见进行归纳汇总，并结合当前市场的培训就业特点，精心组织编写了这套《简单轻松学技能丛书》，希望通过机械工业出版社出版这套重点图书的契机，再创精品。

本书根据目前的国家考核标准和岗位需求，将电子电路识图的技能进行重组，完全从初学者的角度出发，将学习技能作为核心内容、将岗位需求作为目标导向，将近一段时间收集整理的包含电子电路识图技能的案例和资料进行筛选整理，充分发挥图解的优势，为本书增添更多新的素材和实用内容。

为确保本书的知识内容能够直接指导实际工作和就业，本书在内容的选取上从实际岗位需求的角度出发，将国家职业技能鉴定和数码维修工程师的考核认证标准融入到本书的各个知识点和技能点中，所有的知识技能在满足实际工作需要的同时，也完全符合国家职业技能和数码维修工程师相关专业的考核规范。读者通过学习不仅可以掌握电工电子的专业知识技能，同时还可以申报相应的国家工程师资格或国家职业资格认证，以争取获得国家统一的专业技术资格证书，真正实现知识技能与人生职业规划的巧妙融合。

本书在编写内容和编写形式上做了较大的调整和突破，强调技能学习的实用性、便捷性和时效性。在内容的选取方面，本书也下了很大的工夫，结合国家职业资格认证、数码维修工程师考核认证的专业考核规范，对电工电子行业需要的相关技能进行整理，并将其融入到实际的应用案例中，力求让读者能够学到有用的东西，能够学以致用。另外，本书在表现形式方面也更加



多样,将“图解”、“图表”、“图注”等多种表现形式融入到知识技能的讲解中,使之更加生动形象。

此外,本书在语言表达上做了大胆的突破和尝试:从目录开始,章节的标题就采用更加直接、更加口语化的表述方式,让读者一看就能明白所要表达的内容是什么;书中的文字表述也是力求更加口语化,更加简洁明确。在此基础上,与书中众多模块的配合,本书营造出一种情景课堂的学习氛围,充分调动读者的学习兴趣,确保在最短时间内完成知识技能的飞速提升,使读者学习兴趣和学习效果都大大提升。同时在语言文字和图形符号方面,本书尽量与广大读者的行业用语习惯贴近,而非机械地向有关标准看齐,这点请广大读者注意。

本书由韩雪涛任主编,韩广兴、吴瑛任副主编,参与编写的人员还有张丽梅、宋永欣、梁明、宋明芳、孙涛、马楠、韩菲、张湘萍、吴鹏飞、韩雪冬、吴玮、高瑞征、吴惠英、周文静、王新霞、孙承满、周洋、马敬宇等。

另外,本书得到了数码维修工程师鉴定指导中心的大力支持。为了更好地满足广大读者的需求,以达到最佳的学习效果,本书读者除可获得免费的专业技术咨询外,每本图书都附赠价值50积分的数码维修工程师远程培训基金(培训基金以“学习卡”的形式提供),读者可凭借此卡登录数码维修工程师的官方网站(www.chinadse.org)获得超值技术服务。网站提供有最新的行业信息,大量的视频教学资源、图纸手册等学习资料,以及技术论坛等。读者凭借学习卡可随时了解最新的数码维修工程师考核培训信息;知晓电工电子领域的业界动态;实现远程在线视频学习;下载需要的图纸、技术手册等学习资料。此外,读者还可通过网站的技术交流平台进行技术交流与咨询。

读者通过学习与实践后,还可报名参加相关资质的国家职业资格或工程师资格认证,通过考核后可获得相应等级的国家职业资格或数码维修工程师资格证书。如果读者在学习和考核认证方面有什么问题,可通过以下方式与我们联系。

数码维修工程师鉴定指导中心

网 址: <http://www.chinadse.org>

联系电话: 022-83718162/83715667/13114807267

E-mail: chinadse@163.com

地 址: 天津市南开区榕苑路4号天发科技园8-1-401

邮 编: 300384

编 者
2014年春



目 录

前言

第1章 认识一下电子电路	1
1.1 什么是电子电路	1
1.1.1 电子电路能干什么	1
1.1.2 学会识图有什么用	3
1.2 看看电子电路里有什么	8
1.2.1 看看电子电路中的文字符号	9
1.2.2 看看电子电路中的图形符号	10
第2章 轻松搞定电子电路中的符号标识	12
2.1 认识一下电阻器的图形符号和电路标识	12
2.1.1 看一看电阻器的图形符号	12
2.1.2 读一读电路图中的电阻器标识	16
2.2 认识一下电容器的图形符号和电路标识	18
2.2.1 看一看电容器的图形符号	18
2.2.2 读一读电路图中的电容器标识	23
2.3 认识一下电感器的图形符号和电路标识	24
2.3.1 看一看电感器的图形符号	24
2.3.2 读一读电路图中的电感器标识	27
2.4 认识一下二极管的图形符号和电路标识	28
2.4.1 看一看二极管的图形符号	28
2.4.2 读一读电路图中的二极管标识	31
2.5 认识一下三极管的图形符号和电路标识	32
2.5.1 看一看三极管的图形符号	32
2.5.2 读一读电路图中的三极管标识	36
2.6 认识一下场效应晶体管的图形符号和电路标识	38
2.6.1 看一看场效应晶体管的图形符号	38
2.6.2 读一读电路图中的场效应晶体管标识	40
2.7 认识一下晶闸管的图形符号和电路标识	41
2.7.1 看一看晶闸管的图形符号	42
2.7.2 读一读电路图中的晶闸管标识	44
2.8 认识一下集成电路的图形符号和电路标识	46



2.8.1	看一看集成电路的图形符号	46
2.8.2	读一读电路图上的集成电路标识	48
第3章	从简单电路入手搞清电路识读的方法	51
3.1	由电阻器“构建”的电路要如何识读	51
3.1.1	电阻器串联电路要如何识读	51
3.1.2	电阻器并联电路要如何识读	54
3.1.3	电阻器串并联电路要如何识读	57
3.2	由电容器“构建”的电路要如何识读	57
3.2.1	电容器“构建”的电路有什么特征	58
3.2.2	轻松识读电容器“构建”的电路	59
3.3	由电阻器和电容器联合“构建”的电路要如何识读	60
3.3.1	电阻器和电容器联合“构建”的电路有什么特征	60
3.3.2	轻松识读电阻器和电容器联合“构建”的电路	62
3.4	由电感器和电容器联合“构建”的电路要如何识读	63
3.4.1	电感器和电容器联合“构建”的电路有什么特征	63
3.4.2	轻松识读电感器和电容器联合“构建”的电路	67
第4章	从基本放大电路入手积累电路识读的经验	70
4.1	共射极放大电路要如何识读	70
4.1.1	看一看,共射极放大电路有什么特征	70
4.1.2	练一练,轻松识读共射极放大电路	73
4.2	共集电极放大电路要如何识读	75
4.2.1	看一看,共集电极放大电路有什么特征	75
4.2.2	练一练,轻松识读共集电极放大电路	77
4.3	共基极放大电路要如何识读	78
4.3.1	看一看,共基极放大电路有什么特征	78
4.3.2	练一练,轻松识读共基极放大电路	80
第5章	通过案例搞定“脉冲电路”的识读	82
5.1	看一看,脉冲电路有什么特征	82
5.1.1	别急!先搞清脉冲电路的功效是什么	82
5.1.2	开始!了解基本脉冲信号产生电路的特征	84
5.1.3	继续!了解基本脉冲信号转换电路的特征	89
5.2	轻松搞定对“脉冲信号产生电路”的识图训练	92
5.2.1	搞定对“时钟振荡器电路”的识图分析	92
5.2.2	搞定对“方波脉冲信号产生电路”的识图分析	94
5.2.3	搞定对“键控脉冲产生电路”的识图分析	95
5.2.4	搞定对“脉冲信号催眠器电路”的识图分析	96
5.2.5	搞定对“时序脉冲发生器电路”的识图分析	98
5.2.6	搞定对“锯齿波信号产生电路”的识图分析	99



5.3 轻松搞定对“脉冲信号转换电路”的识图训练	101
5.3.1 搞定对“正弦波/方波转换电路”的识图分析	101
5.3.2 搞定对“窄脉冲形成电路”的识图分析	102
5.3.3 搞定对“脉冲延迟电路”的识图分析	102
第6章 通过案例搞定“电源电路”的识读	104
6.1 看一看,电源电路有什么特征	104
6.1.1 别急!先搞清电源电路的功效是什么	104
6.1.2 开始!了解简单直流电源电路的特征	104
6.1.3 了解线性稳压电源电路的特征	106
6.1.4 了解开关电源电路的特征	109
6.2 轻松搞定对“简单直流电源电路”的识图训练	114
6.2.1 搞定对“电容降压直流电源电路”的识图分析	114
6.2.2 搞定对“全波整流电路”的识图分析	114
6.3 轻松搞定对“线性稳压电源电路”的识图训练	115
6.3.1 搞定对“步进式可调集成稳压电源电路”的识图分析	115
6.3.2 搞定对“具有过电压保护功能的直流稳压电源”的识图分析	116
6.4 轻松搞定对“开关电源电路”的识图训练	117
6.4.1 搞定对“影碟机开关电源电路”的识图分析	117
6.4.2 搞定对“机顶盒开关电源电路”的识图分析	118
第7章 通过案例搞定“变换电路”的识读	120
7.1 看一看,变换电路有什么特征	120
7.1.1 别急!先搞清变换电路的功效是什么	120
7.1.2 开始!了解交直流变换电路的特征	121
7.1.3 继续!了解数模转换电路的特征	123
7.2 轻松搞定对“交直流变换电路”的识图训练	126
7.2.1 搞定对“电磁炉中交流电压/直流电压变换电路”的识图分析	126
7.2.2 搞定对“变频空调器中交流电压/直流电压变换电路”的识图分析	127
7.2.3 搞定对“变频空调器中交流电压/直流电流变换电路”的识图分析	128
7.2.4 搞定对“充电器中交流电流/直流电流变换电路”的识图分析	128
7.3 轻松搞定对“数模转换电路”的识图训练	129
7.3.1 搞定对“音频 A/D 转换电路”的识图分析	129
7.3.2 搞定对“等离子电视机中 A/D 转换电路”的识图分析	131
7.3.3 搞定对“数字信号接口电路中的 D/A 转换电路”的识图分析	132
7.3.4 搞定对“影碟机中音频 D/A 转换电路”的识图分析	133
7.3.5 搞定对“MP4 机中音频 D/A 转换电路”的识图分析	134
第8章 通过案例搞定“遥控电路”的识读	136
8.1 看一看,遥控电路有什么特征	136
8.1.1 别急!先搞清遥控电路的功效是什么	136



8.1.2	开始! 了解遥控发射电路的特征	138
8.1.3	继续! 了解遥控接收电路的特征	141
8.2	轻松搞定对“遥控电路”的识图训练	144
8.2.1	搞定“微型遥控发射电路”的识图分析	144
8.2.2	搞定“多功能遥控发射电路”的识图分析	145
8.2.3	搞定“高灵敏度遥控电路”的识图分析	146
8.2.4	搞定“超声波遥控发射电路”的识图分析	147
8.2.5	搞定“电动玩具无线遥控发射电路”的识图分析	147
8.2.6	搞定“换气扇红外线遥控开关电路”的识图分析	148
8.2.7	搞定“高性能红外遥控开关电路”的识图分析	149
8.2.8	搞定“红外遥控开关电路”的识图分析	150
第9章	通过案例搞定“逻辑电路”的识读	152
9.1	看一看, 逻辑电路有什么特征	152
9.1.1	别急! 先搞清逻辑电路的功效是什么	152
9.1.2	开始! 了解门电路的特征	154
9.1.3	了解反相器的特征	155
9.1.4	再来! 了解触发器的特征	159
9.2	轻松搞定对“门电路”的识图训练	165
9.2.1	搞定对“二到十进制编码电路”的识图分析	165
9.2.2	搞定对“触摸键控电路”的识图分析	166
9.2.3	搞定对“闪烁壁灯控制电路”的识图分析	167
9.3	轻松搞定对“反相器电路”的识图训练	168
9.3.1	搞定对“空调器轴流风扇电动机驱动电路”的识图分析	168
9.3.2	搞定对“空调器导风板电动机驱动电路”的识图分析	169
9.3.3	搞定对“空调器电磁四通阀控制电路”的识图分析	170
9.4	轻松搞定对“触发器电路”的识图训练	171
9.4.1	搞定对“八路轻触式电子互锁开关电路”的识图分析	171
9.4.2	搞定对“键控脉冲编码器电路”的识图分析	173
9.4.3	搞定对“触摸式开关电路”的识图分析	176
第10章	通过案例搞定“低频电路”的识读	178
10.1	看一看, 低频电路有什么特征	178
10.1.1	别急! 先搞清低频电路的功效是什么	178
10.1.2	开始! 了解低频放大电路的特征	179
10.1.3	继续! 了解低频信号处理电路的特征	180
10.2	轻松搞定对“低频放大电路”的识图训练	181
10.2.1	搞定对“话筒信号放大器电路”的识图分析	182
10.2.2	搞定对“低噪声前置放大器电路”的识图分析	182
10.2.3	搞定对“车载立体声功率放大器电路”的识图分析	183
10.2.4	搞定对“双声道低频功率放大器电路”的识图分析	184



10.2.5	搞定对“放音信号放大器电路”的识图分析	185
10.2.6	搞定对“录音信号放大器电路”的识图分析	185
10.2.7	搞定对“小功率音频放大电路”的识图分析	186
10.2.8	搞定对“OTL 低频功率放大器电路”的识图分析	188
10.2.9	搞定对“OCL 低频功率放大器电路”的识图分析	190
10.2.10	搞定对“BTL 低频功率放大器电路”的识图分析	191
10.3	轻松搞定对“低频信号处理电路”的识图训练	192
10.3.1	搞定对“均衡(频率补偿)放大器电路”的识图分析	192
10.3.2	搞定对“环境噪声自调整电路”的识图分析	192
10.3.3	搞定对“杜比降噪功能录放音电路”的识图分析	194
10.3.4	搞定对“按钮式电子音量音调调整电路”的识图分析	195
10.3.5	搞定对“电子音量控制电路”的识图分析	197
10.3.6	搞定对“展览立体声效果电路”的识图分析	197
10.3.7	搞定对“交流/直流 LED 电平指示电路”的识图分析	198
10.3.8	搞定对“录音机图示均衡器驱动电路”的识图分析	199
第 11 章	通过案例搞定“高频电路”的识读	202
11.1	看一看, 高频电路有什么特征	202
11.1.1	别急, 先搞清高频电路的功效是什么	202
11.1.2	了解高频放大电路的特征	203
11.1.3	继续! 了解混频电路的特征	205
11.2	轻松搞定对“高频放大电路”的识图训练	205
11.2.1	搞定对“收音机高频放大电路”的识读分析	206
11.2.2	搞定对“高频小信号调谐放大器电路”的识图分析	206
11.2.3	搞定对“FM 收音机中的高频放大电路”的识图分析	207
11.2.4	搞定对“1~250MHz 带宽放大器电路”的识图分析	208
11.2.5	搞定对“高频输出放大器电路”的识图分析	209
11.2.6	搞定对“组合音响 FM 接收系统中的高频放大电路”的识图分析	209
11.2.7	搞定对“电视机调谐接收电路”的识图分析	210
11.2.8	搞定对“AM 调制小功率发射电路”的识图分析	211
11.2.9	搞定对“FM 调制小功率发射电路”的识图分析	212
11.3	轻松搞定对“混频电路”的识图训练	213
11.3.1	搞定对“平衡式混频电路”的识图分析	213
11.3.2	搞定对“宽动态范围混频电路”的识图分析	213
11.3.3	搞定对“双向变频电路”的识图分析	214
11.3.4	搞定对“调幅收音机混频电路”的识图分析	215
11.3.5	搞定对“电视机调谐器中混频电路”的识图分析	216
11.3.6	搞定对“电子调谐式 FM 收音电路”的识图分析	216
11.3.7	搞定对“FM 收音电路中的混频电路”的识图分析	218
11.3.8	搞定对“采用双变容二极管调谐收音电路”的识图分析	219



第12章 通过实际产品电路图锻炼电路识图的实战技能	221
12.1 从“小家电产品中的实用电路”入手锻炼识图技能	221
12.1.1 轻松搞定对典型饮水机电路的识读分析	221
12.1.2 轻松搞定对典型电风扇电路的识读分析	222
12.1.3 轻松搞定对典型电热水壶电路的识读分析	224
12.1.4 轻松搞定对典型全自动洗衣机电路的识读分析	225
12.1.5 轻松搞定对典型转叶扇电路的识读分析	225
12.1.6 轻松搞定对典型电磁炉操作显示电路的识读分析	228
12.1.7 轻松搞定对典型电饭煲电源电路的识读分析	228
12.2 从“家庭影音产品中的实用电路”入手锻炼识图技能	230
12.2.1 轻松搞定对小型数码影音产品的FM收音电路的识读分析	230
12.2.2 轻松搞定对小型数码影音产品的音频D/A转换器电路的识读分析	231
12.2.3 轻松搞定对小型数码影音产品的音频信号放大器电路的识读分析	231
12.2.4 轻松搞定对小型数码影音产品的耳机驱动电路的识读分析	233
12.2.5 轻松搞定对小型数码影音产品的话筒放大电路的识读分析	233
12.2.6 轻松搞定对汽车音响功放电路的识读分析	234
12.2.7 轻松搞定对DVD影碟机AV解码电路的识读分析	239
12.3 从“办公设备中的实用电路”入手锻炼识图技能	240
12.3.1 轻松搞定对激光打印机电源电路的识读分析	240
12.3.2 轻松搞定对针式打印机打印针驱动电路的识读分析	241
12.3.3 轻松搞定对针式打印机走纸驱动电路的识读分析	242
12.3.4 轻松搞定对喷墨打印机电源供电电路的识读分析	243
12.3.5 轻松搞定对数码复印机开关电源电路的识读分析	246
12.3.6 轻松搞定对扫描仪主控电路的识读分析	247
12.3.7 轻松搞定对扫描仪USB接口电路的识读分析	247
12.4 从“通信设备中的实用电路”入手锻炼识图技能	249
12.4.1 轻松搞定对传真机摘机信号检测电路的识读分析	249
12.4.2 轻松搞定对传真机振铃信号检测电路的识读分析	251
12.4.3 轻松搞定对传真机电动机驱动电路的识读分析	251
12.4.4 轻松搞定对传真机电源电路的识读分析	252
12.4.5 轻松搞定对电话机振铃电路的识读分析	255
12.4.6 轻松搞定对电话机拨号电路的识读分析	257
12.4.7 轻松搞定对电话机通话电路的识读分析	260
12.4.8 轻松搞定对手机SIM卡接口电路的识读分析	263
12.4.9 轻松搞定对手机存储卡接口电路的识读分析	264
12.4.10 轻松搞定对手机USB接口电路的识读分析	266
12.4.11 轻松搞定对手机FM收音电路的识读分析	267
12.4.12 轻松搞定对手机蓝牙通信电路的识读分析	267

认识一下电子电路



现在,开始进入第1章的学习。本章,我们先来认识一下电子电路。我们首先会从电子电路的基本作用开始,了解电子电路的基本特点和功能,探究什么是电子电路;然后,再通过多方面、多领域中的应用,让大家明白识图的意义;最后,我们通过几个简单电子电路,看一看电子电路中到底涵盖了哪些信息,让大家对电子电路有更形象、深刻的了解和体会。好了,下面就让我们开始吧。

1.1 什么是电子电路



电子电路图是将各种电子元器件的图形符号,通过连线和电路标识连接组合在一起,以表达电子产品的结构特点和控制关系。下面,我们就来看一看电子电路到底具有哪些功能以及我们学习电子电路识图的意义。

1.1.1 电子电路能干什么



电子电路可以将复杂的电子产品内部的连接控制关系以最简洁、直观的形式展现出来,使电子产品安装、调试、检修人员能够在很短的时间内明了整个电子产品的内部结构和工作原理,进而在电子电路图的指示下完成相应的工作。

在实际的生产、维修工作中,电子电路的连接关系、装配关系以及工作过程会通过不同的电子电路图来体现。

通常,我们将表达电子电路连接关系的电路图称为电子电路连接关系图(接线图),将表达电子电路装配关系的电路图称为电子电路装调图,而将表达电子电路结构和工作原理的电路图称为电子电路原理图。不同类型的电子电路图有不同的特点和用途。

1. 电子电路连接关系图

电子电路连接关系图表达的内容比较直观,图1-1所示为典型小型超外差式收音机的电子电路连接关系图。

在图1-1中,我们可以清楚地了解电子产品(电路)中的各主要组成部件,明确各主要部件之间的连接关系和连接方式。

在实际生产维修中,电子产品生产组装人员往往会依据电子电路连接关系图完成对电子电路(产品)的连接组装。

2. 电子电路装调图

电子电路装调图重点表达电子电路各电子元器件具体焊接或安装情况,图1-2所示为典型电子产品的电子电路装调图。

在图1-2中,我们可以清楚电子电路中各电子元器件的安装位置、焊接方式等,电子产品调试维修人员主要依据电子电路装调图来完成对电子电路(产品)的调试。

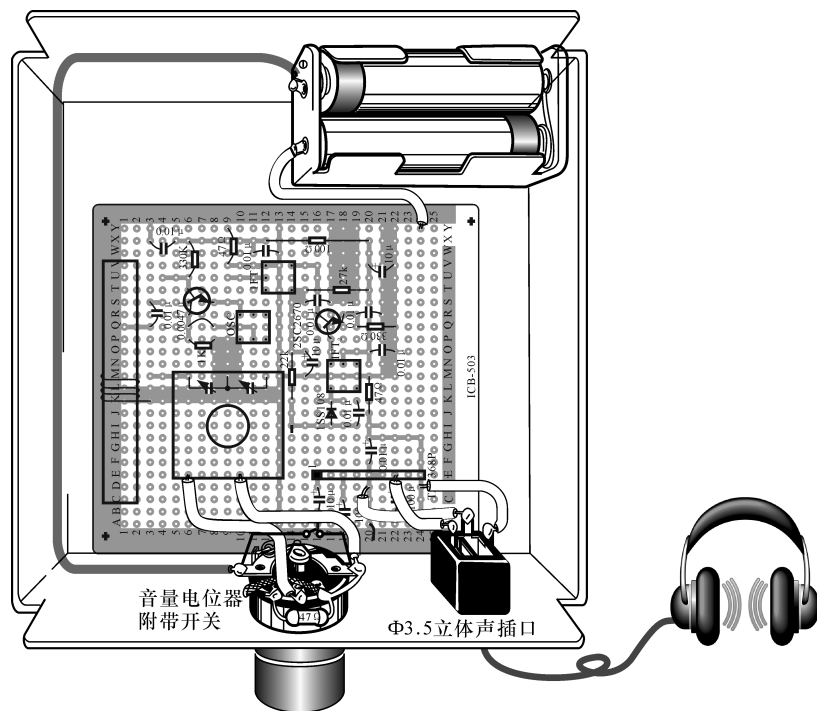


图 1-1 典型小型超外差式收音机的电子电路连接关系图

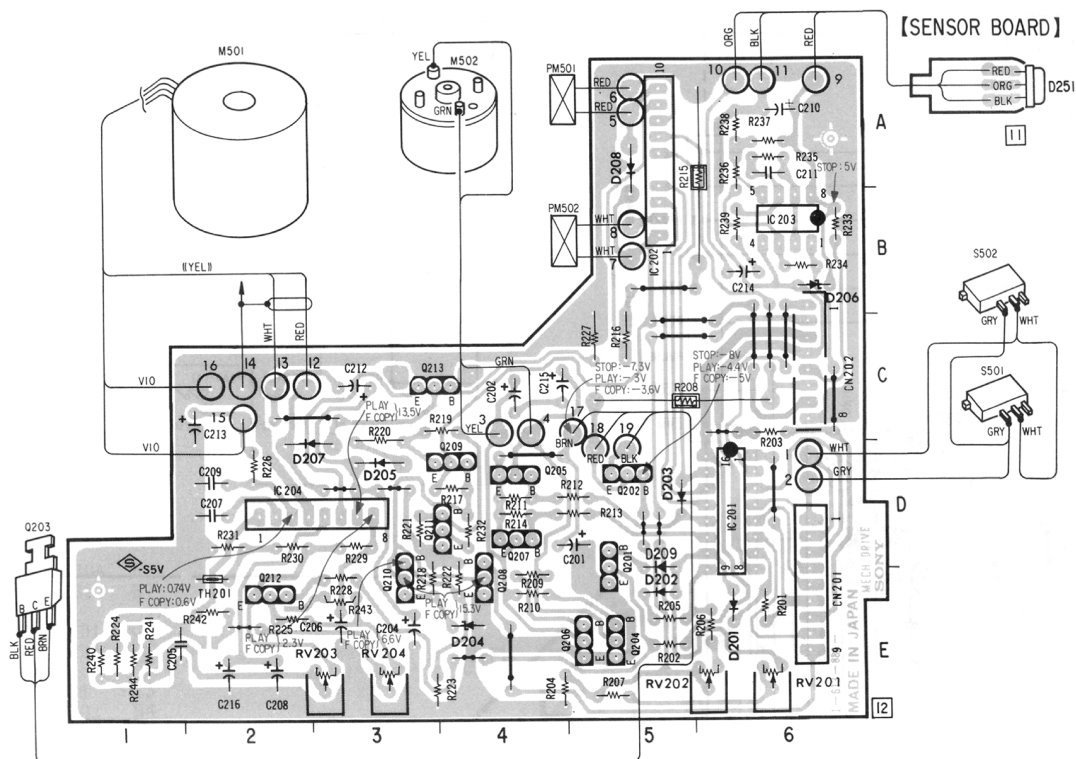


图 1-2 典型电子产品的电子电路装调图



3. 电子电路原理图

电子电路原理图是电子产品非常重要的一种电路图。图 1-3 为典型电子产品的电子电路原理图。

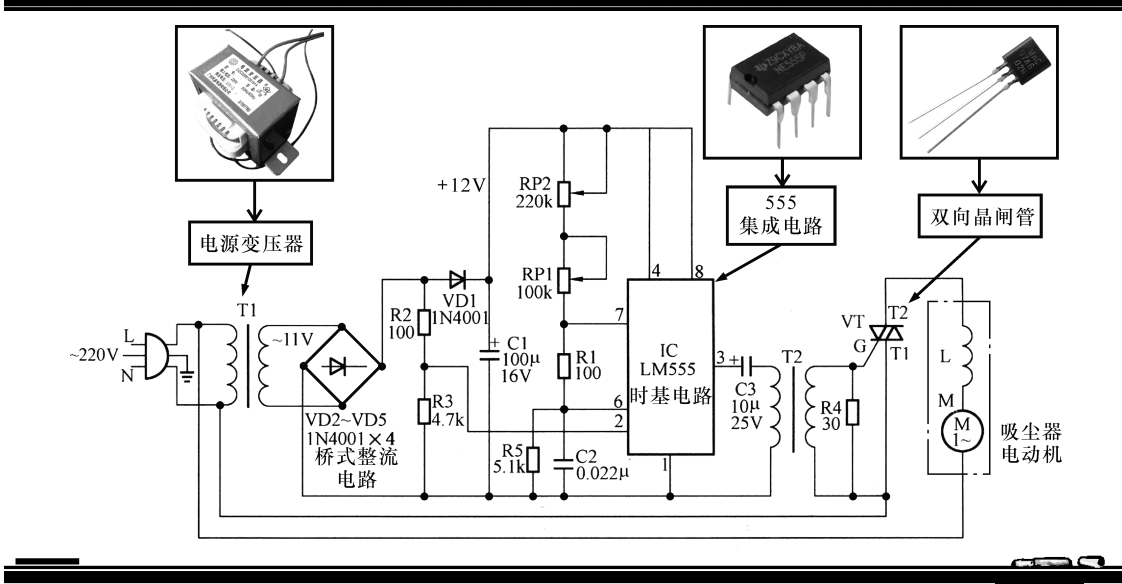


图 1-3 典型电子产品的电子电路原理图

电子电路原理图非常详细、清晰、准确地记录了电子电路各组成部件及元器件之间的控制关系。电子产品维修人员主要依据电子电路原理图来完成对电子电路工作原理的分析，以此来指导完成维修工作。

很多时候，电子产品装配调试人员也会借助电子电路原理图来完善对所安装调试的电子电路的理解，确保安装调试工作的顺利进行。

1.1.2 学会识图有什么用



电子电路图通常用于电子产品的安装、调试和维修等工作中，看懂电子电路图，则电子产品调试、维修人员可以了解电路系统的结构组成，明确电路的工作流程和控制关系，以便操作人员能够快速、准确地完成对电子产品的安装、检验调试或维修工作。

例如，电子产品装配人员可以通过电子电路图中给出的结构，明确整个电路的组成和各元器件的连接关系，以便进行整机（或电路）的安装操作。

电子产品调试人员可以通过电子电路图中给出的控制关系，找到调试的部位（或单元电路），然后依据原理完成调试工作；维修人员在检修过程中需要从电子电路图中理清信号的处理过程，然后针对不同的故障表现依据信号的流向，完成对故障的分析，制定出故障检修方案，最终实现对电子产品的故障检修。

1. 电子电路识图技能在电子设备安装中的应用

电子产品装配人员在电子设备安装中，可先通过电子电路装调图明确焊接位置和焊接关系。图 1-4 为一种典型袖珍式小功率 AM 发射机的电子电路装调图，图中明确了电路的组成和连接关系，为了便于安装焊接操作，我们将该电子电路图转换成电路装配图，它实际上也是一种电子电路图，通过电路装配图，我们可以更清楚地了解各电子元器件之间的焊接关系。

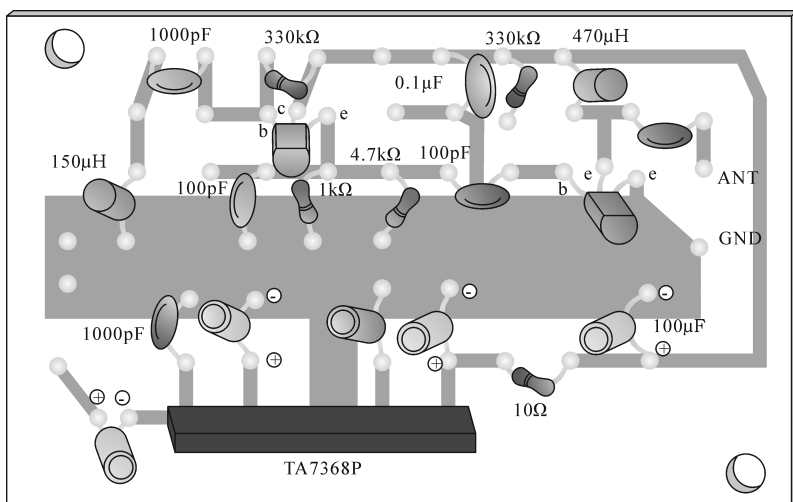


图 1-4 一种典型袖珍式小功率 AM 发射机的电子电路装调图
再通过相应的电子电路连接关系图了解电子电路与各组成部件的连接关系，如图 1-5 所示。

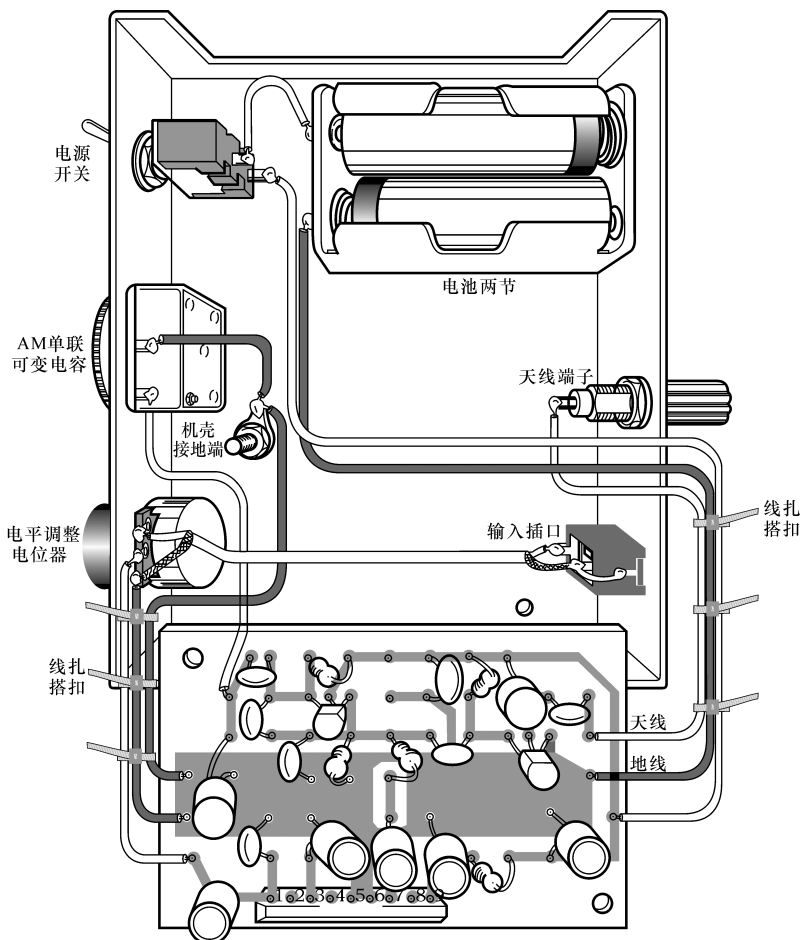


图 1-5 一种典型袖珍式小功率 AM 发射机的电子电路连接关系图



在装配连接过程中，还常常会应用到相应的电子电路原理图，如图 1-6 所示。

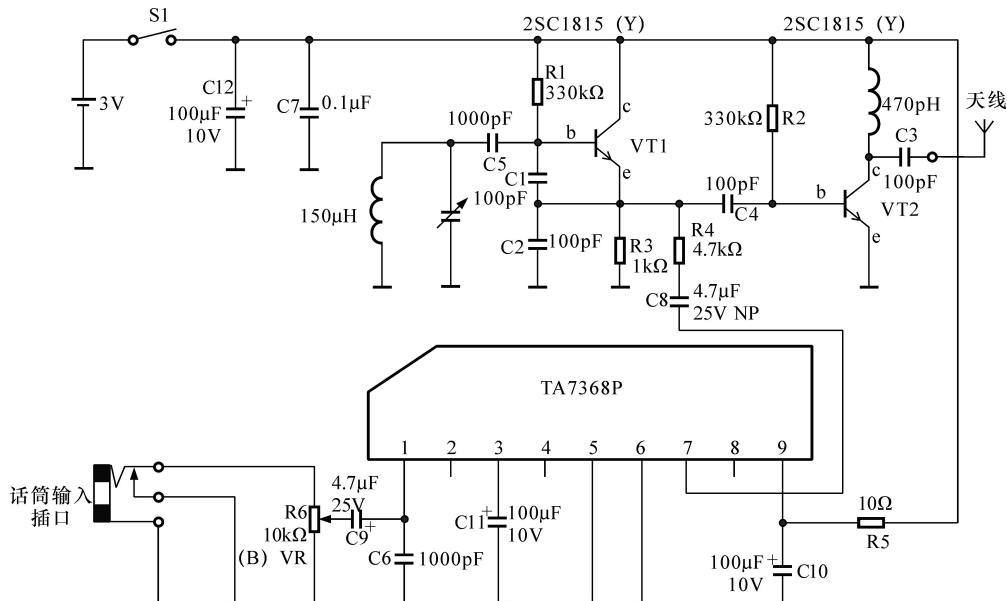


图 1-6 一种典型袖珍式小功率 AM 发射机的电子电路原理图

在图 1-6 中,明确指出了各元器件的型号、类型、参数以及连接关系。电子产品装配人员依据电子电路原理图中各元器件的详细信息数据,即可装配操作规程,依次完成电子电路组成元件的筛选、安装、焊接、连接等一系列操作。

2. 电子电路识图技能在电子设备调试中的应用

对电子产品进行电路的调试时,应根据其电子电路图了解整个电路系统的工作控制过程,然后,依据控制过程,对整个电路中相应部件进行调整测试,使其符合生产、设计要求。图 1-7 所示为在电子产品生产过程中,调试人员依据电子电路图调试电子产品。



图 1-7 在电子产品生产过程中, 调试人员依据电子电路图调试电子产品



图 1-8 所示为典型收音机中频电路的调试部位。在该收音机电路图中, T1、T2、T3 为三个中频变压器, 它们是收音机中频电路中的主要调试元件。

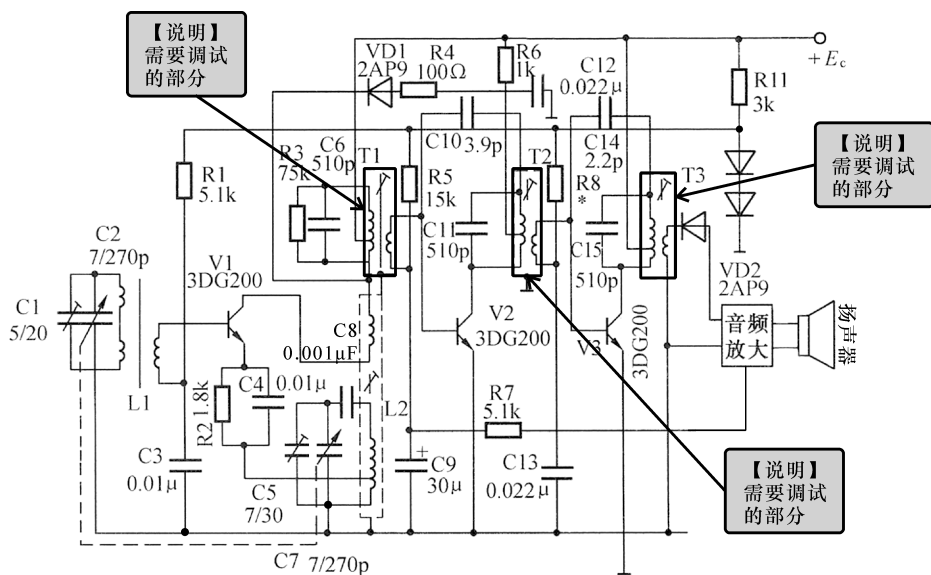


图 1-8 典型收音机中频电路的调试部位

3. 电子电路识图技能在电子设备检修中的应用

在对电子设备进行检修中, 电子电路图起着非常重要的作用, 检修人员可以根据电子电路图了解整个电子设备的工作原理, 然后检修人员便可以进一步通过电子电路图作出检修分析的方案, 锁定故障范围, 找到故障的原因, 最终完成对整个电子设备的检修。



【资料】

图 1-9 所示为典型收音机中频电路的调试操作演示效果。调试时是用高频信号发生器为收音机提供 465kHz 的调幅信号, 然后使用无感螺丝刀 (螺丝刀的标准术语为螺钉旋具) 依次对 T3、T2、T1 三个中频变压器 (中周) 的磁心进行调整, 直至将中频频率准确地调整在规定的 465kHz 上。

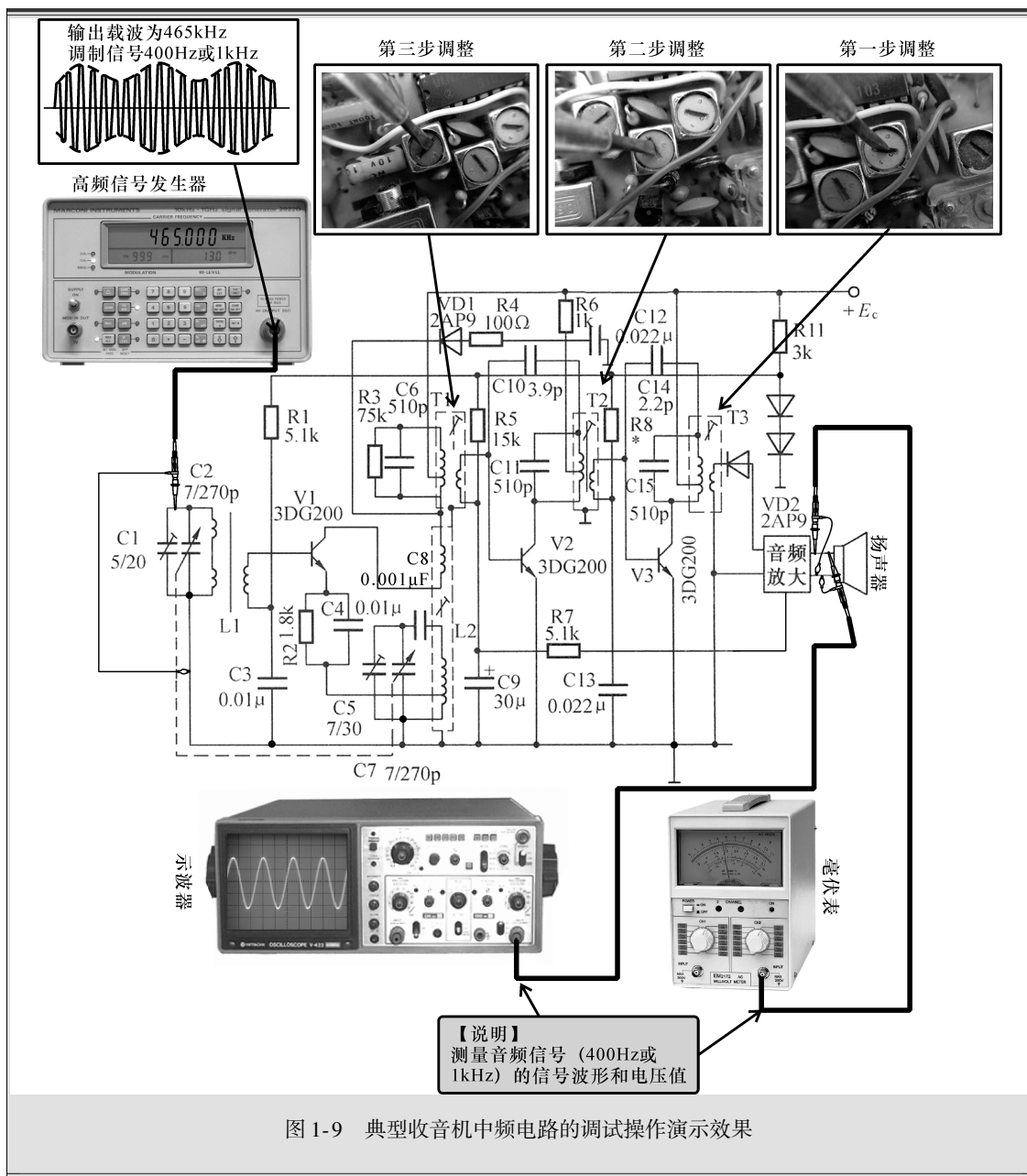


图 1-10 为典型电风扇的控制电路图，该电路主要是由摇头开关、起动电容器、风扇电动机、摇头电动机以及调整开关等构成的。

由电风扇控制电路可知，摇头开关损坏，电风扇摇头功能失灵；起动电容器损坏，电风扇不能起动；风扇电动机损坏，风扇不旋转；调速开关损坏，风扇不旋转或转速无法调整；摇头电动机损坏，则风扇摇头功能失灵。

由此可见，一旦电风扇出现故障，电子产品检修人员便可以根据故障表现，通过对电风扇电子电路图的分析，制定准确的故障检修方案，按检修方案对重点怀疑电路（或元器件）进行检测更换，即可快速完成电风扇的故障检修操作。

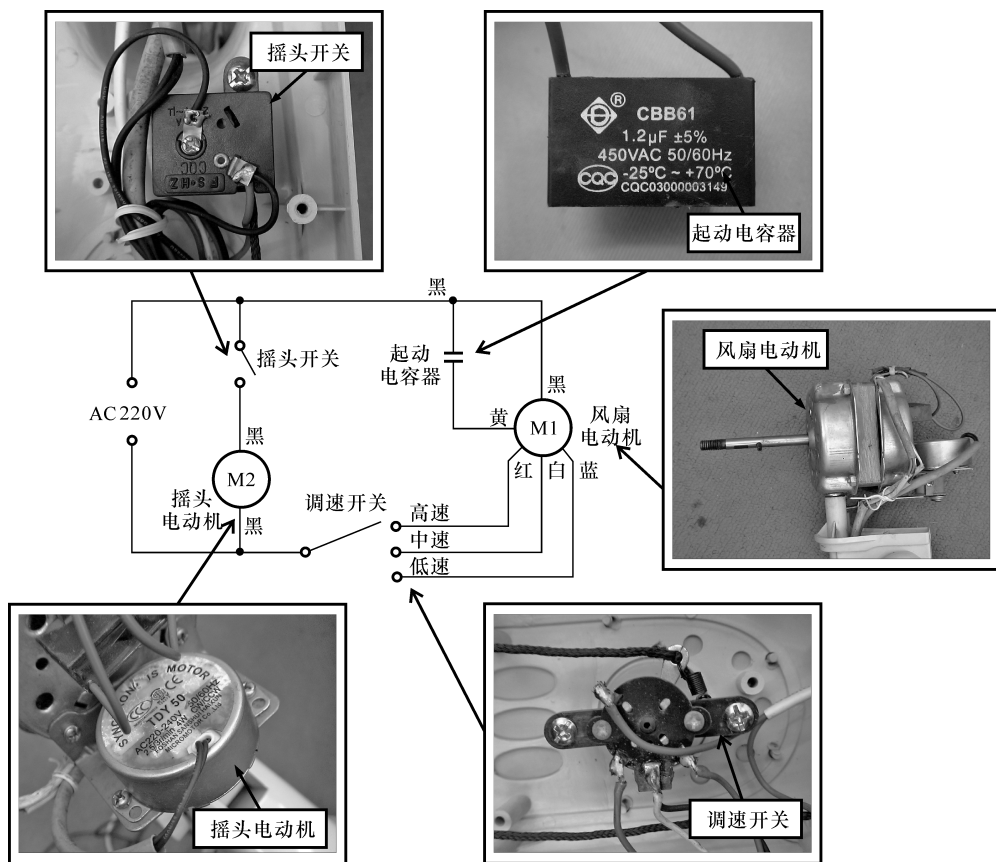


图 1-10 典型电风扇的控制电路图

1.2 看看电子电路里有什么



电子电路图是将各种元器件的连接关系用图形符号和连线连接起来的一种技术资料，因此在电子电路图中的符号和标记必须有统一的标准。这些电路符号或标记中包含了很多的识图信息，掌握这些识图信息，能够方便我们对其在电路中的作用进行分析和判断，也是我们学习电子电路识图的必备基础知识。

当我们拿到一张电子电路图时，首先会看到图中包含了很多横线、竖线、小黑点以及符号、文字的标识等信息，这些信息实际上就是这张图纸的重要“识读信息”。例如，图 1-11 所示为一张简单电子电路图的基本标识。

图 1-11 中，每个图形符号或文字、线段都体现了该电路中的重要内容，也是我们识读该电路的所有依据。例如，图中“~”直观地告诉我们这个电路左端的电压是交流的，图中右侧的“6V”文字标识则明确表示了该电路右侧输出的电压值为 6V（直流，一般电压值前没有交直流符号时，默认为直流），等等。

由此可见，电子电路图中主要包含了文字符号和图形符号，了解这些基本标识符号是我们学习识图的关键。

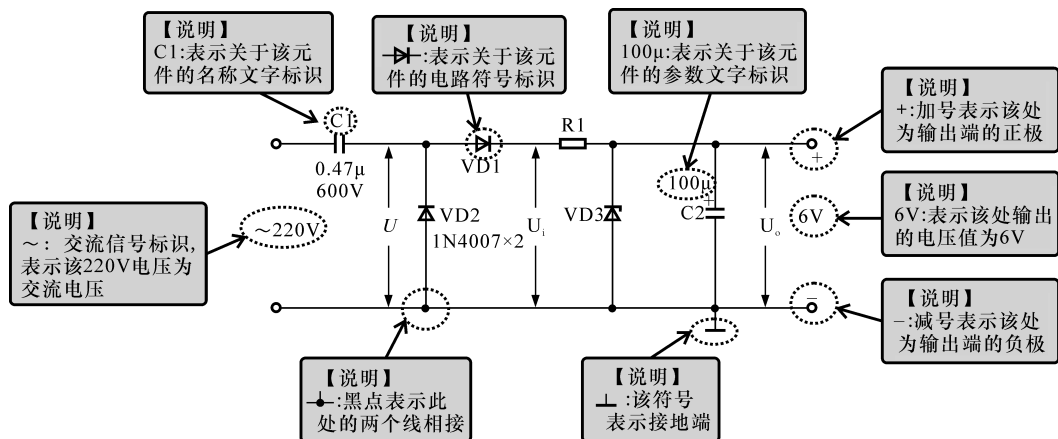


图 1-11 一张简单电子电路图的基本标识

1.2.1 看看电子电路中的文字符号



文字符号是电子电路图中常用的一种字符代码,一般标注在电路中的电子元器件、连接线路等附近,以标识其名称、参数、状态或特征等。

图 1-12 为小型收音机的电子电路图。从图中可以看到,除了一些线、框构成的符号外,图中有很多文字标识,这些标识信息用于说明其对应的图形符号的一些基本信息。

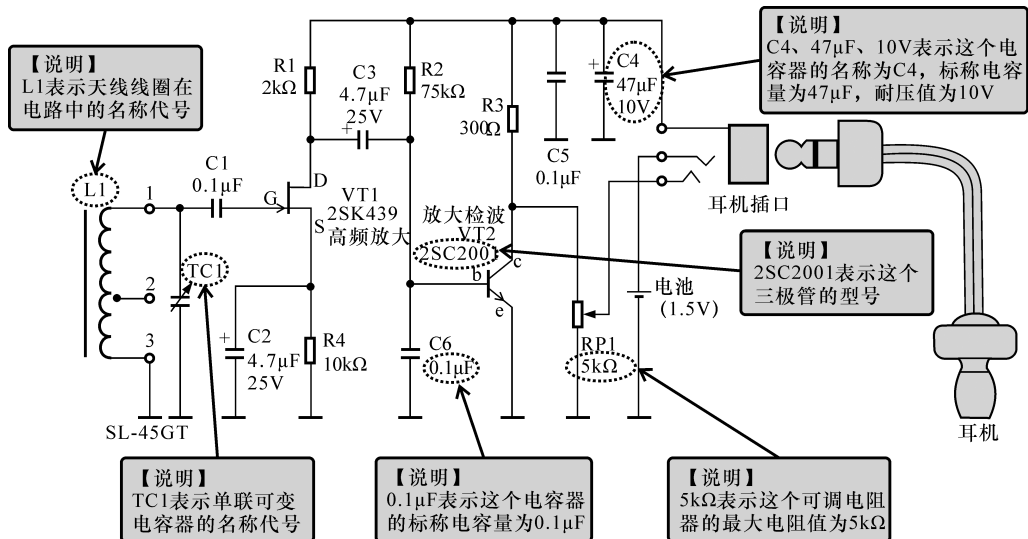


图 1-12 小型收音机的电子电路图



【资料】

图 1-12 中, 天线线圈用字符 L1 标出, 在电路中用于感应电磁波, 接收无线电广播的信号; 单联可变电路用字符 TC1 标出, 在电路中与天线线圈 L1 构成谐振电路, 用以选择电台进行调谐; 场效应管 (全称为“场效应晶体管”) 用字符 VT1 标出, 在电路中用来放大天线线圈接收的高频信号; 去耦电容器用字符 C2 标出, 在电路中与源极电阻关联起去耦作用, 以提高 VT1 交频放大增益; 耦合电容器用字符 C3 标出, 在电路中用来传输交流信号; 三极管 (标准术语为“晶体管”) 用字符 VT2 标出, 在电路中用作检波和放大, 以输出音频信号; 音量调整电位器用字符 RP1 标出, 在电路中用来调整音量的大小。

在电子电路图中, 不同的电子元器件或电路器件、特征等, 由明确特定的文字符号进行标注, 在学习识图过程中, 熟记这些文字符号十分重要。

以电子电路图中最为常见的电子元器件为例: 电阻器名称用“R + 数字”标识, 标称电阻值为“ Ω 、 $k\Omega$ ”等; 电容器名称用“C + 数字”标识, 标称电容量为“F、 μF 、 pF 、 nF ”等; 电感器名称用“L + 数字”标识, 标称电容量为“H、 μH 、 mH ”等。

电子电路图中常用的文字符号如表 1-1 所列。

表 1-1 电子电路图中常用的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号	名称	文字符号
电阻器	R	欧 [姆] (电阻单位)	Ω ($k\Omega$ 、 $M\Omega$)	交流	AC
电容器	C	法 [拉] (电容单位)	F (μF 、 pF 、 nF)	直流	DC
电感器	L	亨 [利] (电感单位)	H (μH 、 mH)	交直流	AC/DC
二极管	VD、VZ、D	伏 [特] (电压单位)	V	接地	GND
三极管	VT、Q	安 [培] (电流单位)	A	相线	L
场效应晶体管	VT	瓦 [特] (功率单位)	W	零线	N
晶闸管	VT、VS			电源正极	L +
变压器	T			电源负极	L -
电动机	M				
集成电路	IC				
指示灯	LED				
继电器	K、KM				
晶体	X、Z				
扬声器	BL				

注: 在不引起歧义时, 方括号内的字可省略。

1.2.2 看看电子电路中的图形符号



当我们看到一张电子电路图时, 其中包含的不同元器件、装置、线路以及安装连接等, 并不是这些物理部件的实际外形, 而是由每种物理部件对应的图样或简图进行体现的, 我们把这种“图样”和“简图”称为图形符号。

图形符号是组成电路图的基本单元, 就好比一篇文章中的“词汇”。因此我们在学习识读电路图前, 首先要正确地了解、熟悉和识别这些符号的形式、内容、含义, 以及它们之间的相互关系。

例如，图 1-13 为一种典型电子产品的电子电路图，可以看到，除了文字符号外，整张电子电路图都是由各种线和“外形各异”的图形符号构成，每个图形符号代表着电子产品中实际电路板上的一个电子元器件。

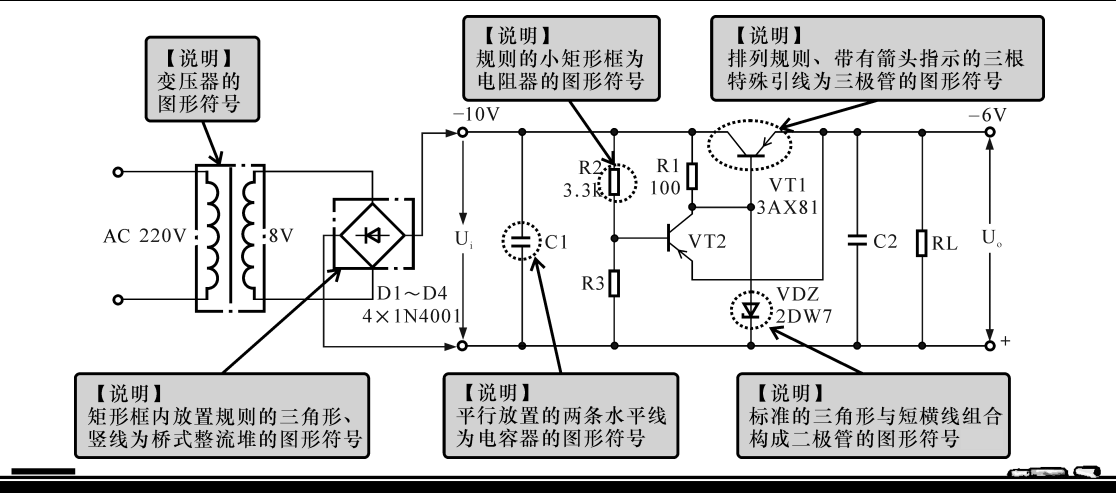


图 1-13 一种典型电子产品的电子电路图

图 1-13 中，不同形状的图形符号分别代表各具特性的元器件和功能部件，通过识别这些图形符号便可了解该电子电路的基本结构组成，结合识别出的元器件或功能部件的功能特点、原理等，便可完成对电子电路图的识读。

一般来说，在电子电路图中，以电子元器件应用最为广泛，各种电子元器件的具体图形符号，我们将在第 2 章中详细了解和认识，这里列举一些除最基本的电子元器件之外，常见电子电路中的一些基本图形符号，如表 1-2 所列。

表 1-2 常见电子电路中的一些基本图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
交流	~	交叉不相连的导线	+
直流	— — —	交叉相连的导线	+
交直流	~ — —	丁字路口连接的导线	或
正极	+	力或电流等按箭头方向传送	→
负极	—	信号输出端	→ 或
接机壳	或	信号输入端	← 或
导线的连接点	•	信号输入、输出端	← 或



现在,开始进入第2章的学习。本章,我们的目的是掌握电子电路图中的各种电子元器件的图形符号和电路标识。电子元器件是构成电子电路的基本要素,要学好电子电路识图方法,就必须先熟悉各种电子元器件的图形符号和电路标识。下面我们就逐一来认识一下电子电路图中常用电子元器件的图形符号和电路标识,并通过识读电子电路图中的这些符号标识,掌握电子电路识图的基础。好了,下面就让我们开始吧。

2.1 认识一下电阻器的图形符号和电路标识



电阻器是电子产品中最基本、最常用的电子元器件之一,它利用自身对电流的阻碍作用,可以通过限流电路为其他电子元器件提供所需的电流,通过分压电路为其他电子元器件提供所需的电压。下面就以认识电子电路为目标,对电阻器的图形符号和电路标识进行了解。

2.1.1 看一看电阻器的图形符号



在实际电子产品或设备中,电阻器以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上,而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中,电阻器则用专用的图形符号代替。电路板上的电阻器与电子电路图中的图形符号一一对应,如图2-1所示。

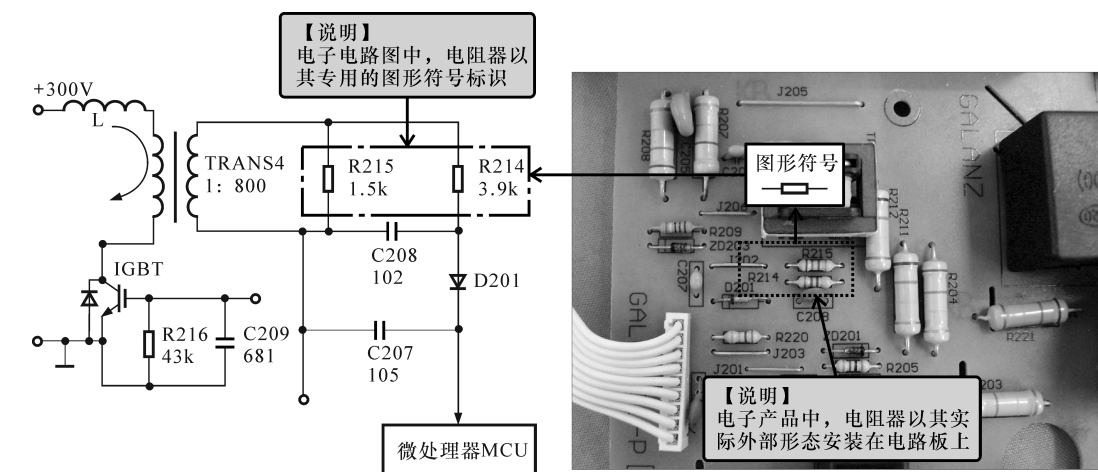


图 2-1 电路板上的电阻器与电子电路图中的图形符号一一对应

1. 识别电阻器的图形符号

图2-2所示为普通电阻器在电子电路图中的图形符号,也称为电路符号。可以看到,它主要由

一个矩形框和两端的引线构成，矩形框就是电阻器的图形符号，两端引线相当于电阻器的两个引脚，由图形符号两端伸出，与电子电路图中的电路线连通，构成电子线路。

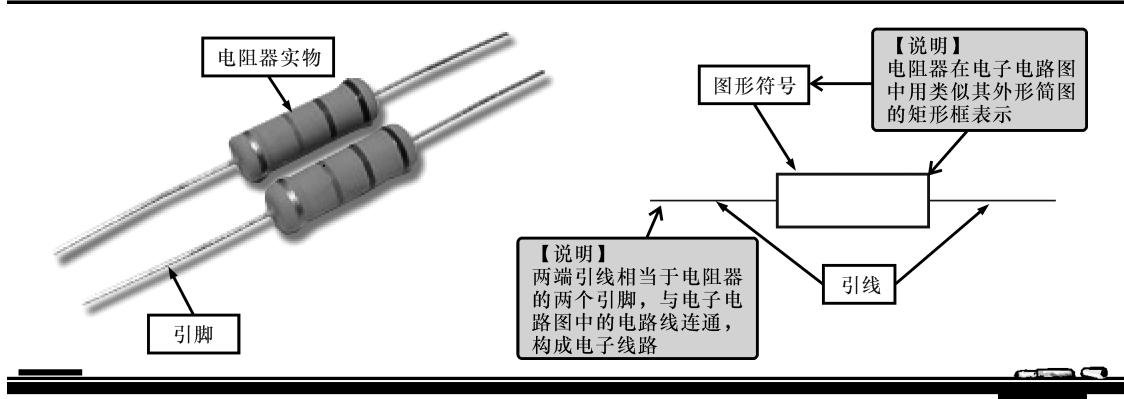


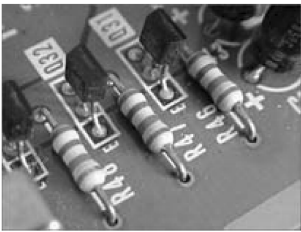
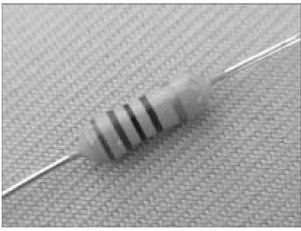
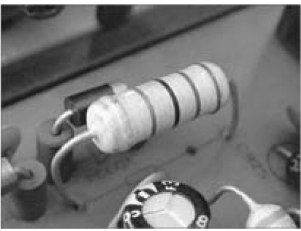
图 2-2 普通电阻器在电子电路图中的图形符号

2. 认识不同类型电阻器的图形符号

在实际应用中，电阻器的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的电阻器的图形符号，对准确识别出电子电路图中电阻器的类型有重要意义。

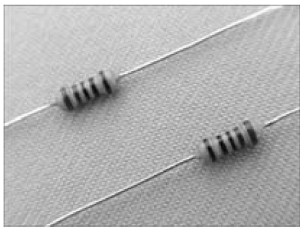
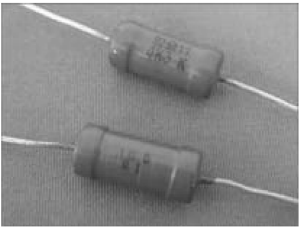
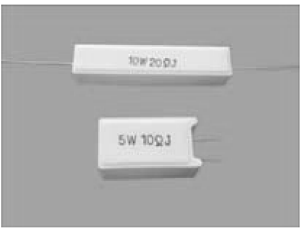
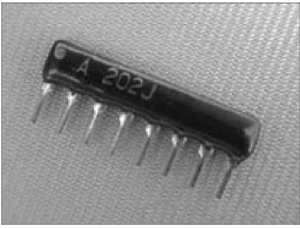
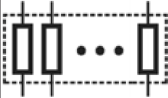
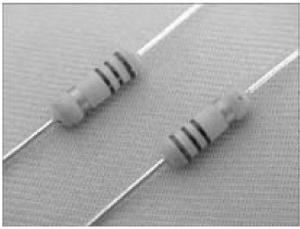
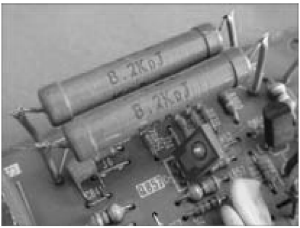
常见电阻器的图形符号、外形及功能如表 2-1 所示。

表 2-1 常见电阻器的图形符号、外形及功能

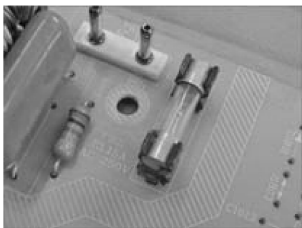
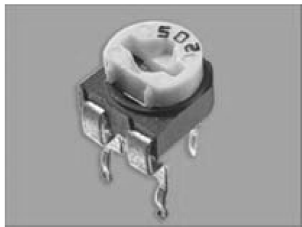
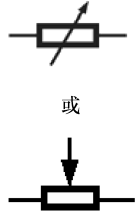
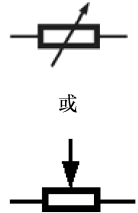
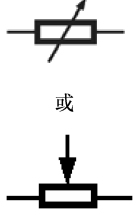
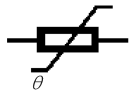
种类	外形结构	图形符号	说 明
固定电阻器	碳膜电阻器 (R) 		碳膜电阻器是将碳在真空高温的条件下分解的结晶碳蒸发沉积在陶瓷骨架上制成的，通常采用色环标注法标注电阻值。这种电阻器的电压稳定性好，造价低，在普通电子产品中应用非常广泛
	金属膜电阻器 (R) 		金属膜电阻器是将金属或合金材料在真空高温的条件下加热蒸发沉积在陶瓷骨架上制成的电阻器。与碳膜电阻器相比，它的电压系数更好，同等条件下的体积也比碳膜电阻器小很多，但是它的脉冲负荷稳定性差，造价也较高
	金属氧化膜电阻器 (R) 		金属氧化膜电阻器是将锡和锑的金属盐溶液进行高温喷雾沉积在陶瓷骨架上制成的。因为是高温喷雾技术，所以它的膜层均匀，与陶瓷骨架结合得结实且牢固，比金属膜电阻器更为优越，具有抗氧化、耐酸、抗高温等特点。金属氧化膜电阻器采用色环标注法标注电阻值



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
合 成 碳 膜 电 阻 器 (R)			合成碳膜电阻器是一种高压、高阻的电阻器，通常它的外层被玻璃壳封死，这种电阻器是将碳黑、填料还有一些有机黏合剂调配成悬浮液，喷涂在绝缘骨架上，再进行加热聚合而制成的
玻 璃 釉 电 阻 器 (R)			玻璃釉电阻器是将银、铈、钨等金属氧化物和玻璃釉黏合剂调配成浆料，喷涂在绝缘骨架上，再进行高温聚合而制成的。这种电阻器具有耐高温、耐潮湿、稳定、噪声小、电阻值范围大等特点
水 泥 电 阻 器 (R)			水泥电阻器的电阻丝同焊脚引线之间采用压接方式，外部采用陶瓷、矿质材料包封，具有良好的绝缘性能。通常，水泥电阻器主要应用在大功率电路中，当负载短路时，水泥电阻器的电阻丝与焊脚间的压接处会迅速熔断，从而对整个电路起限流保护的作用
排 电 阻 器 (R)			排电阻器是将多个分立的电阻器按照一定规律排列，集成为一个组合型电阻器，又称排阻、集成电阻器或电阻器网络
熔 断 电 阻 器 (R 或 FB)			熔断电阻器又称保险丝电阻器，具有电阻器和过流保护熔断器双重作用，在电流较大的情况下熔化断裂，从而保护整个设备不受损坏
实 芯 电 阻 器 (R)			实芯电阻器是由有机导电材料或无机导电材料同一些不良导电材料混合并加入黏合剂后压制而成的。这种电阻器通常电阻值误差较大，稳定性较差，因此目前电路中已经很少采用

(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明	
固定电阻器	熔 断 器 (FU)			熔断器又称保险丝，电阻值接近于零，是一种安装在电路中保证电路安全运行的电器元件，它会在电流异常升高到一定的强度时，自身熔断以切断电路，从而起到保护电路安全运行的作用
	可 调 电 阻 器 (RP)			可变电阻器的电阻值是可以调整的，常用在电阻值需要调整的电路中，如电视机的亮度调谐器件或收音机的音量调节器件等。该电阻器由动片和定片构成，通过调节动片的位置，改变电阻值的大小
可变电阻器	单 联 电 位 器 (RP)			单联电位器是常用于高级收音机、录音机、电视机中作音量控制的开关式旋转电位器。常用规格主要有 1W/(1 ~100) kΩ
	双 联 电 位 器			双联电位器是将两个电位器装在同一个轴上，即同轴双联电位器，是常用于高级收音机、录音机、电视机中作音量控制的开关式旋转电位器。采用双联电位器可以减少电子元件，美化电子设备的外观
敏感类电阻器	热 敏 电 阻 器 (MZ、MF)			热敏电阻器的电阻值会随温度的变化而变化，可分为正温度系数（PTC）和负温度系数（NTC）两种热敏电阻器。正温度系数热敏电阻器的电阻值随温度的升高而升高，随温度的降低而降低；负温度系数热敏电阻器的电阻值随温度的升高而降低，随温度的降低而升高
	光 敏 电 阻 器 (MG)			光敏电阻器的特点是当外界光照强度变化时，其电阻值也会随之变化



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
湿敏电阻器 (MS)			湿敏电阻器的电阻值随周围环境的湿度而变化, 常用作湿度检测元件
气敏电阻器 (MQ)			气敏电阻器是利用金属氧化物半导体表面吸收某种气体分子时, 会发生氧化反应或还原反应而使电阻值改变的特性而制成的电阻器
压敏电阻器 (MY)			压敏电阻器是敏感电阻器中的一种, 是利用半导体材料的非线性特性原理制成的, 当外加电压施加到某一临界值时, 电阻器的电阻值会急剧变小

2.1.2 读一读电路图中的电阻器标识



电阻器在电子电路中有特殊的标识, 电阻器种类不同, 电路标识也有所区别, 我们在对电子电路识读时, 通常会先从电路标识入手, 了解电阻器的种类和功能特点。

1. 识别电阻器的电路标识

电阻器在电子电路中的标识通常分为两部分, 一部分是图形符号, 标识电阻器的类型; 另一部分是字母 + 数字, 标识该电阻器在电路中的名称、序号及主要参数。

电阻器的电路标识方法如图 2-3 所示。

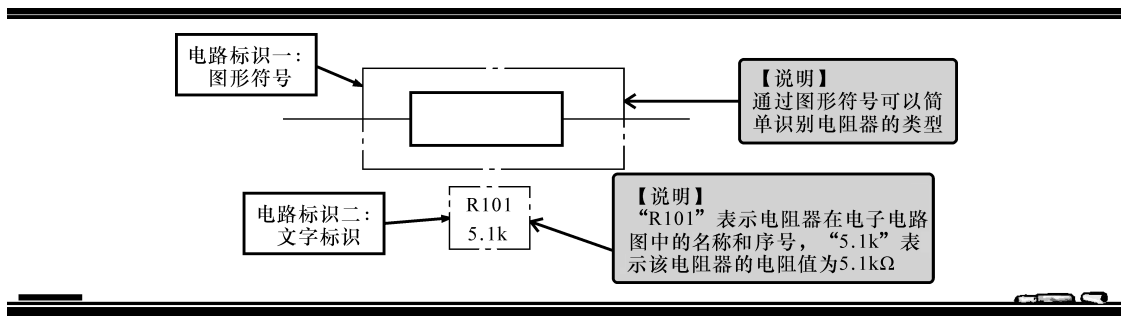


图 2-3 识别电阻器的电路标识

图形符号 (电路符号) 可以体现出电阻器的基本类型; 文字标识则通常提供了电阻器的名



称、序号以及电阻值等参数信息。

2. 识读电阻器的标识信息

在电子电路图中，电阻器的标识主要有“电阻器名称”“材料”“类型”“序号”“电阻值”“允许偏差”等相关信息。识读电阻器的标识信息，对我们分析、检修电子电路十分重要。

(1) 识读典型继电器控制电路中电阻器的电路标识

某典型继电器控制电路中电阻器的电路标识如图 2-4 所示。

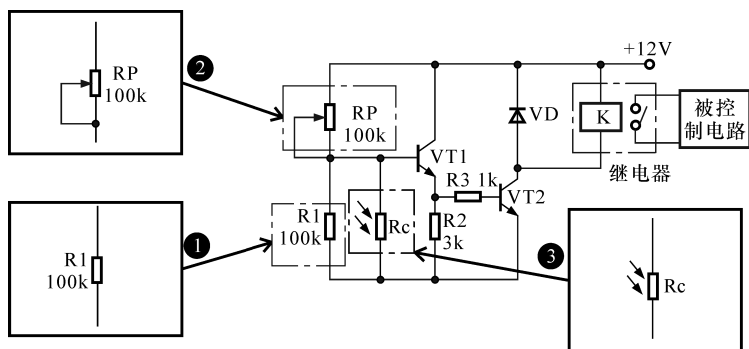


图 2-4 某典型继电器控制电路中电阻器的电路标识

① “” 在电路中表示普通电阻器，“R1” 为该普通电阻器在电路中的名称和序号，“100k” 表示该普通电阻器的电阻值为 $100\text{k}\Omega$ 。

② “” 在电路中表示可调电阻器（可变电阻器），“RP”（可加数字区分）在电路为该可调电阻器的名称标识。

③ “” 在电路中表示光敏电阻器，Rc 在电路为该光敏电阻器的名称标识。“MG” 为光敏电阻器在电路中规范的文字标识。

(2) 识读 12V 电源电路中电阻器的电路标识

12V 电源电路中电阻器的电路标识如图 2-5 所示。

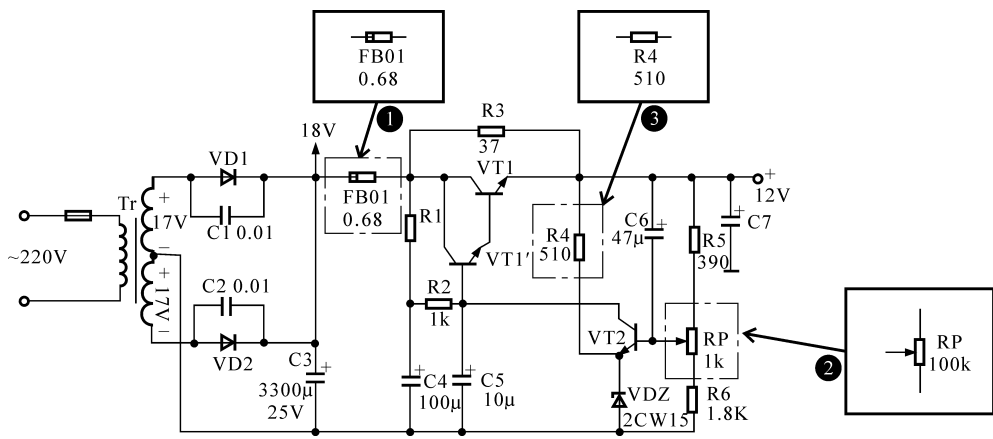


图 2-5 12V 电源电路中电阻器的电路标识



① “” 在电路中表示熔断电阻器, “FB01” 为该熔断电阻器在电路中的名称和序号, “0.68” 表示该熔断电阻器的电阻值为 0.68Ω 。

② “” 在电路中表示可调电阻器 (可变电阻器), “RP” 为该可调电阻器在电路中的名称标识, “100k” 表示该可调电阻器的电阻值调整范围为 “0 ~ 100k Ω ”。

③ “” 在电路中表示普通电阻器, “R4” 为该普通电阻器在电路中的名称和序号, “510” 表示该普通电阻器的电阻值为 510Ω 。

2.2 认识一下电容器的图形符号和电路标识



电容器是一种可储存电能的元件 (储能元件)。电容器是由两个极板构成的, 具有存储电荷的功能, 在电路中常用于滤波、与电感器构成谐振电路、作为交流信号的传输元件等。下面就以认识电子电路为目标, 对电容器的图形符号和电路标识进行了解。

2.2.1 看一看电容器的图形符号



在实际电子产品或设备中, 电容器以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上, 而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中, 电容器则用专用的图形符号代替, 电路板上的电容器与电子电路图中的图形符号一一对应, 如图 2-6 所示。

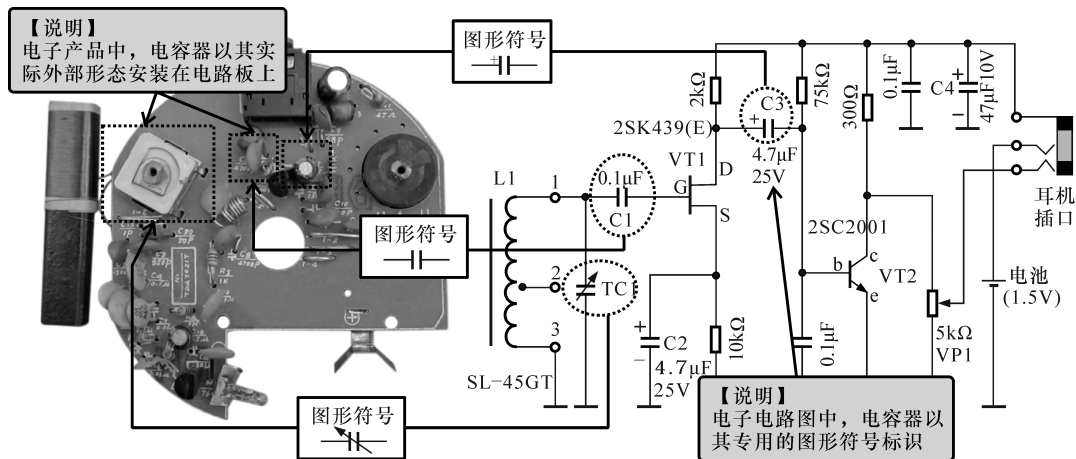


图 2-6 电路板上的电容器与电子电路图中的图形符号一一对应

1. 识别电容器的图形符号

图 2-7 所示为普通电容器在电子电路图中的图形符号, 又称电路符号。可以看到, 它主要由两个粗横线和两根引出线构成, 两个粗横线就是电容器的图形符号 (相当于电容器内部的两个电极), 两根引出线则相当于电容器的两个引脚, 由图形符号两端伸出, 与电路图中的电路线连通, 构成电子线路。

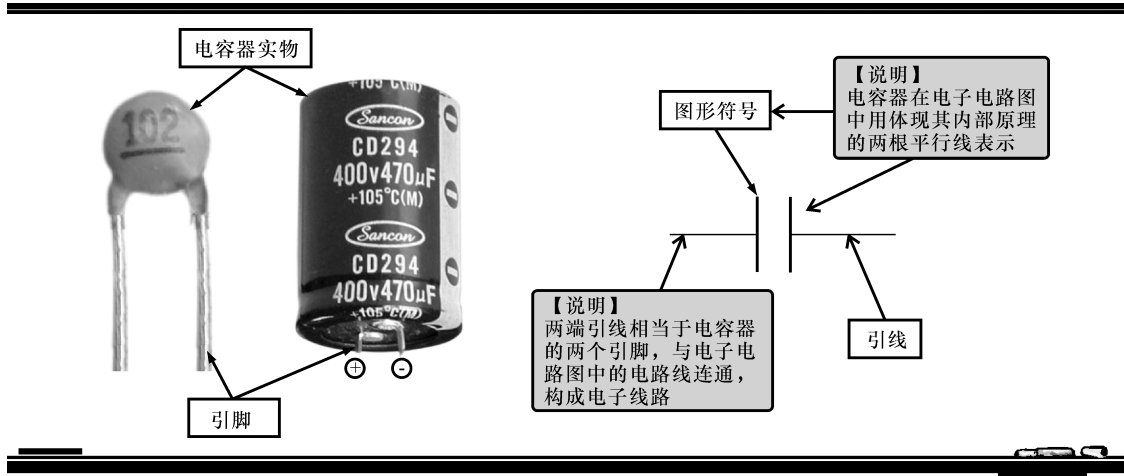


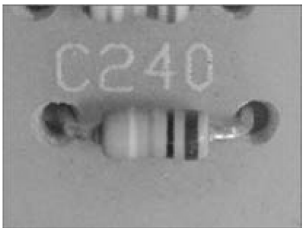
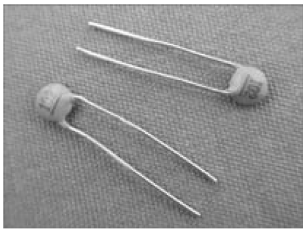
图 2-7 普通电容器在电子电路图中的图形符号

2. 认识不同类型电容器的图形符号

在实际应用中，电容器的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的电容器的图形符号，对准确识别出电子电路图中电容器的类型有重要意义。

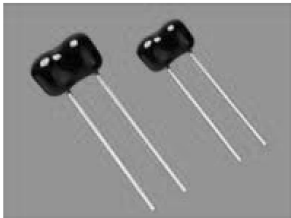
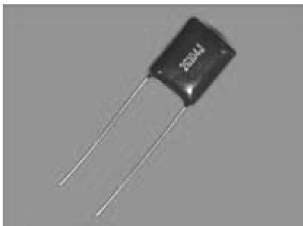
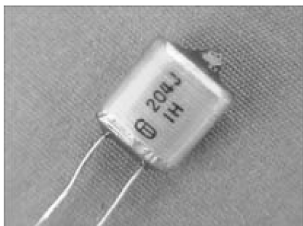
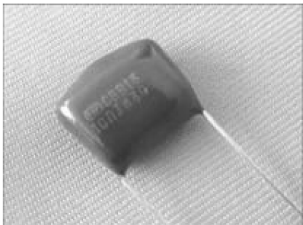
常见电容器的图形符号、外形及功能如表 2-2 所列。

表 2-2 常见电容器的图形符号、外形及功能

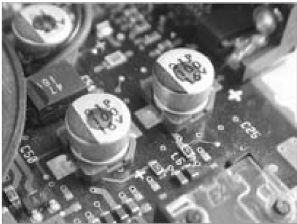
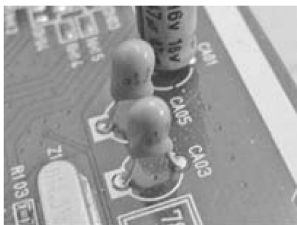
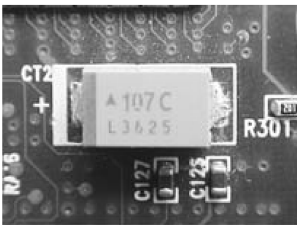
种类	外形结构	图形符号	说 明
无极性电容器	色环电容器 (C) 		色环电容器是指在电容器的外壳上标识有多条不同颜色的色环
	纸介电容器 (CJ) 		纸介电容器的价格低、体积大、损耗大且稳定性较差，并且由于存在较大的固有电感，故不宜在频率较高的电路中使用，主要应用在低频电路或直流电路中。 该电容器容量范围为几十皮法（pF）到几微法（μF），耐压规格有 250V、400V 和 600V 等几种，容量误差一般为 ±5%、±10%、±20%
	瓷介电容器 (CC) 		瓷介电容器是以陶瓷材料作为介质，在其外层常涂以各种颜色的保护漆，并在陶瓷片上覆银而制成电极。 这种电容器的损耗较小，稳定性好，且耐高温高压



(续)

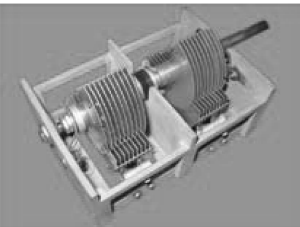
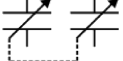
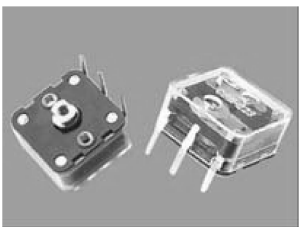
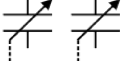
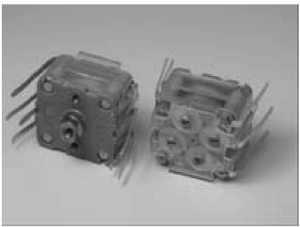
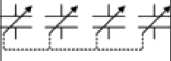
种类	外形结构	图形符号	说 明
无 极 性 电 容 器	云 母 电 容 器 (CY)		 云母电容器是以云母作为介质，这种电容器的可靠性高，频率特性好，适用于高频电路
	涤 纶 电 容 器 (CL)		 涤纶电容器采用涤纶薄膜为介质，这种电容器的成本较低，耐热、耐压和耐潮湿的性能都很好，但稳定性较差，适用于稳定性要求不高的电路中
	玻 璃 釉 电 容 器 (CI)		 玻璃釉电容器使用的介质一般是玻璃釉粉压制的薄片，通过调整釉粉的比例，可以得到不同性能的电容器，这种电容器介电系数大、耐高温、抗潮湿性强，损耗低
	聚 苯 乙 烯 电 容 器(CB)		 聚苯乙烯电容器是以非极性的聚苯乙烯薄膜为介质制成的，这种电容器成本低、损耗小，充电后的电荷量能保持较长时间不变

(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
普通铝电解电容器 (CD)			铝电解电容器体积小，容量大。与无极性电容器相比其绝缘电阻低，漏电流大，频率特性差，容量和损耗会随周围环境和时间的变化而变化，特别是当温度过低或过高的情况下尤为明显，且长时间不用还会失效。因此，铝电解电容器仅用于低频、低压电路（如电源滤波电路、耦合电路等）
固态铝电解电容器 (CD)			
固体钽电解电容器 (分立式)(CA)			固态铝电解电容器采用有机半导体或导电性高分子电解质来取代传统的普通铝电解电容器中的电解液，并用环氧树脂或橡胶垫封口。因此，固态铝电解电容器的导电性比普通铝电解电容器要高，导电性受温度的影响小 该电容器正极为钽粉烧结块，绝缘介质为 TaO ₅ ，负极为 MnO ₂ 固体电解质。
固体钽电解电容器 (贴片式)(CA)			钽电解电容器的温度特性、频率特性和可靠性都较铝电解电容器好，特别是它的漏电流极小，电荷储存能力好，寿命长，误差小，但价格昂贵，通常用于高精密的电子电路中
液体钽电解电容器(CA)			该电容器正极为钽粉烧结块，负极为硫酸水溶液等液体电解质



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
微调电容器 (C)			微调电容器又称半可调电容器, 这种电容器的容量较固定电容器小, 常见的有瓷介微调电容器、管型微调电容器 (拉线微调电容器)、云母微调电容器、薄膜微调电容器等
空气单联可调电容器 (C)			该电容器由一组动片、定片组成, 动片与定片之间以空气为介质
空气双联可调电容器 (C)			该电容器由两组动片、定片组成, 两组动片合装在同一转轴上, 可以同轴同步旋转。多用于收音机、电子仪器、高频信号发生器、通信设备及有关电子设备中
薄膜单联可调电容器 (C)			单联电容器的内部只有一个可调电容器。该电容器常用于直放式收音机电路中, 可与电感组成调谐电路
薄膜双联可调电容器			双联可变电容器是由两个可变电容器组合而成的。对该电容器进行手动调节时, 两个可变电容器的电容量可同步调节
薄膜四联可调电容器			四联可变电容器的内部包含有四个可变电容器, 四个电容可同步调整

2.2.2 读一读电路图中的电容器标识

 电容器在电子电路中有特殊的电路标识，电容器种类不同，电路标识也有所区别，我们在对电子电路识读时，通常会先从电路标识入手，了解电容器的种类和功能特点。

1. 识别电容器的电路标识

电容器在电子电路中的标识通常分为两部分，一部分是图形符号，标识电容器的类型；另一部分是字母 + 数字，标识该电容器在电路中的名称、序号及主要参数。

电容器的电路标识方法如图 2-8 所示。

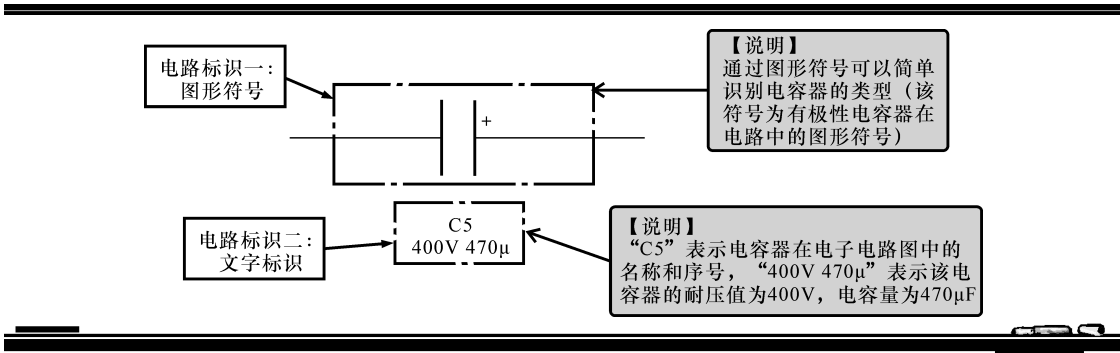


图 2-8 电容器的电路标识方法

图形符号（电路符号）体现了电容器的基本类型，引线由电路符号两端伸出，与电路图中的电路线连通，构成电子线路；极性标识表明该电容器的极性。文字标识通常提供了电容器的名称、序号以及电容量等参数信息。

2. 识读电容器的标识信息

电容器的标识主要有“电容器名称”“材料”“类型”“序号”“电容量”“允许偏差”等相关信息。识读电容器的标识信息，对我们分析、检修电路十分重要。

（1）识读典型整流滤波电路中电容器的电路标识

典型整流滤波电路中电容器的电路标识如图 2-9 所示。

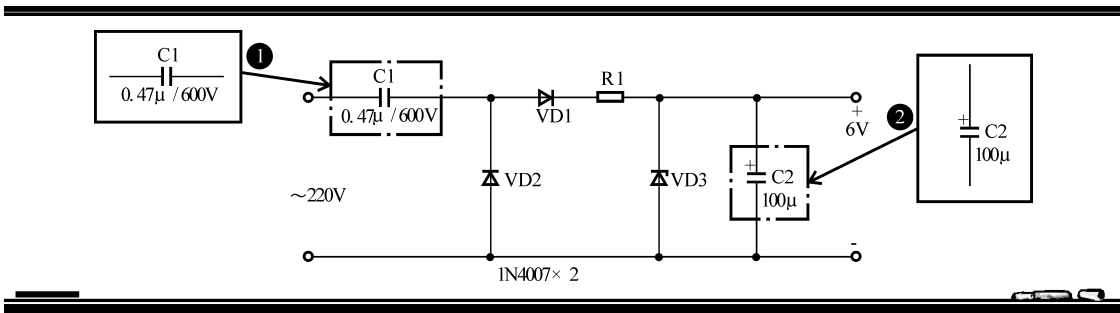
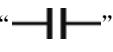


图 2-9 典型整流滤波电路中电容器的电路标识

① “” 在电路中表示普通电容器，“C1”为该普通电容器在电路中的名称和序号，“0.47μ”表示该普通电容器的电容量为 0.47μF，“600V”表示该普通电容器的耐压值为 600V。

② “” 在电路中表示电解电容器，“C2”为该电解电容器在电路中的名称和序号，



“ 100μ ”表示该电解电容的电容量为 $100\mu\text{F}$ 。

(2) 识读再生式收音机接收电路中电容器的电路标识

再生式收音机接收电路中电容器的电路标识如图 2-10 所示。

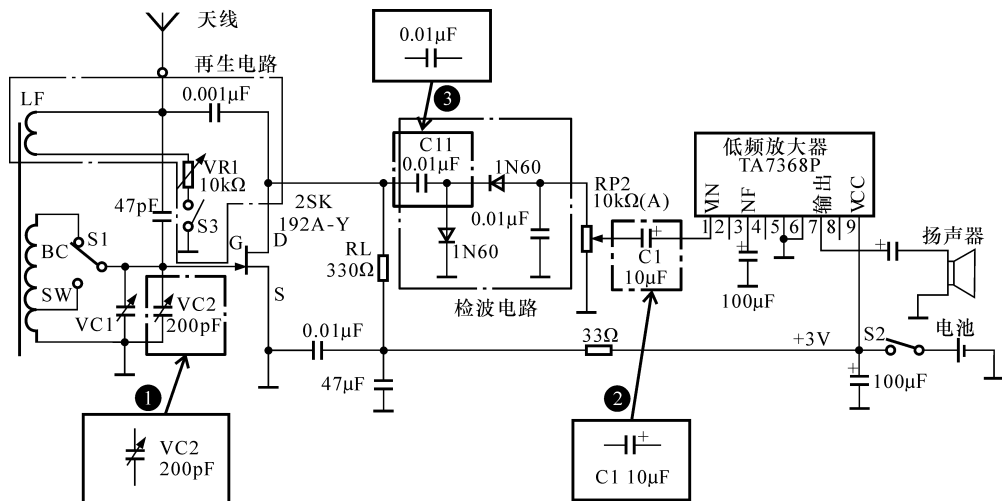


图 2-10 再生式收音机接收电路中电容器的电路标识

① “ VC ” 在电路中表示可变电容器，“VC2”为该可变电容器在电路中的名称和序号，“200pF”表示该可变电容器的最大电容量为 200pF。

② “ C ” 在电路中表示电解电容器，“C1”为该电解电容器在电路中的名称和序号，“10μF”表示该电解电容器的标称电容量为 10μF。

③ “ C ” 在电路中表示普通电容器，“C11”为该普通电容器的名称和序号，“0.01μF”表示该普通电容器的标称电容量为 0.01μF。

2.3 认识一下电感器的图形符号和电路标识



电感器是一种利用线圈产生的磁场阻碍电流变化以通直流、阻交流的元器件，在电子产品中主要用于分频、滤波、谐振和磁偏转等。下面就以认识电子电路为目标，对电感器的图形符号和电路标识进行了解。

2.3.1 看一看电感器的图形符号



在实际电子产品或设备中，电感器以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上，而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中，电感器则用专用的图形符号代替，电路板上的电感器与电子电路图中的图形符号一一对应，如图 2-11 所示。

1. 识别电感器的图形符号

图 2-12 所示为普通电感器在电子电路图中的图形符号，又称电路符号。可以看到，它主要由几个半圆形的粗线和两根引出线构成，几个半圆形的粗线就是电感器的图形符号（相当于电感器内部线圈的外形简化图），两根引出线相当于电感器的两个引脚，由图形符号两端伸出，与电路图中的电路线连通，构成电子线路。

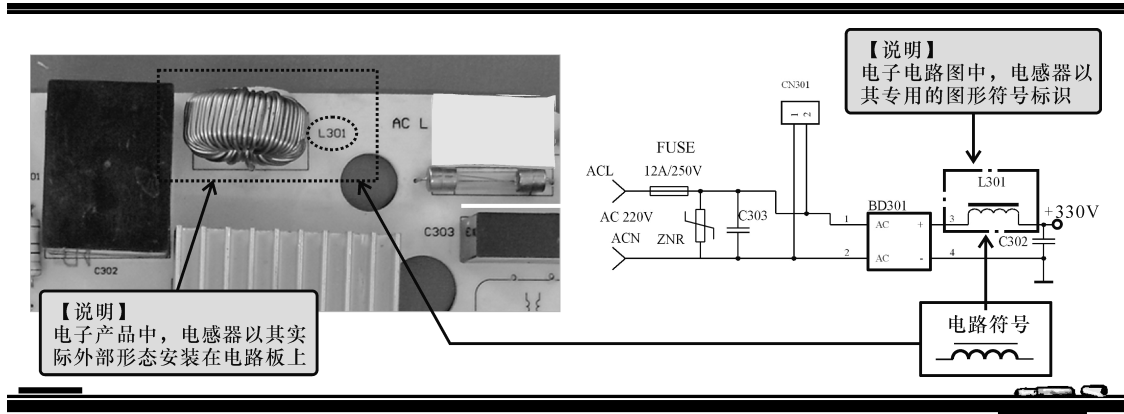


图 2-11 电路板上的电感器与电子电路图中的图形符号一一对应

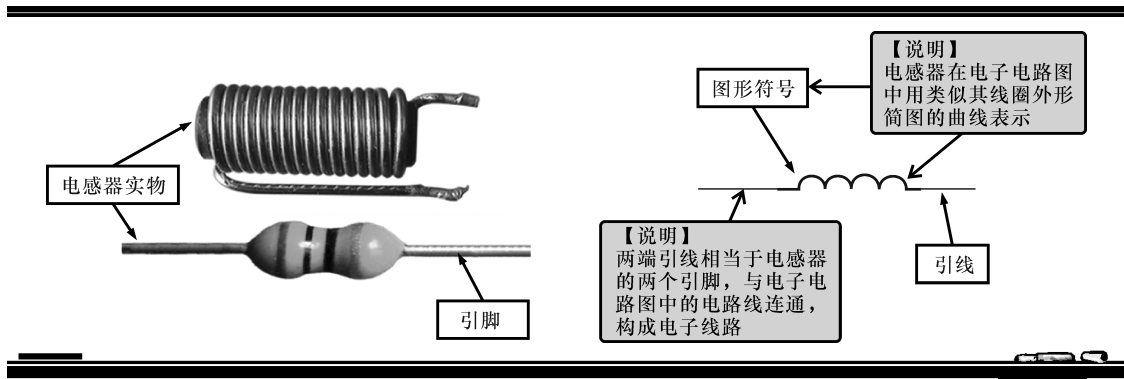


图 2-12 普通电感器在电子电路图中的图形符号

2. 认识不同类型电感器的图形符号

在实际应用中，电感器的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的电感器的图形符号，对准确识别出电子电路图中电感器的类型有重要意义。

常见电感器的图形符号、外形及功能如表 2-3 所列。

表 2-3 常见电感器的图形符号、外形及功能

种类	外形结构	图形符号	说 明
固定电感器	色环电感器 (L)		固定色环电感器的电感量固定，是一种具有磁心的线圈，将线圈绕制在软磁性铁氧体的基体上，再用环氧树脂或塑料封装，并在其外壳上标以色环来表明电感量的数值，电感量为 0.1μH ~ 22mH



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
固定电感器	色 码 电 感 器 (L)		色码电感器与色环电感器都属于小型的固定电感器,用色点标识,只是其外形结构为直立式;其性能比较稳定,体积小巧。固定色环或色码电感器被广泛用于电视机、收录机等电子设备中如滤波、陷波、扼流及延迟等电路中,电感量为 $0.1\mu\text{H} \sim 22\text{mH}$
	贴 片 电 感 器 (L)		该电感器外形体积与贴片式普通电阻器类似,常采用“ $L \times \times \times$ ”“ $B \times \times \times$ ”形式标识其代号,电感量为 $0.01 \sim 200\mu\text{H}$,额定电流最高为 100mA
可变电感器	空 心 电 感 线 圈 (L)		空心电感线圈没有磁心,通常线圈匝的匝数较少,电感量小。微调空心线圈电感量时,可以调整线圈之间的间隙大小,为了防止空心线圈之间的间隙变化,调整完后用石蜡加以密封固定,这样不仅可以防止线圈的形变,同时可以有效防止线圈振动
	磁 棒 电 感 线 圈 (L)		磁棒电感线圈的基本结构是在磁棒上绕制线圈,这样会大大增加线圈的电感量。可以通过调整线圈磁棒的相对位置来调整电感量的大小。当线圈在磁棒上的位置调整好后,应采用石蜡将线圈固定在磁棒上,以防止线圈左右滑动而影响电感量的稳定
	磁 环 电 感 线 圈 (L)		磁环电感线圈的基本结构是在铁氧体磁环上绕制线圈,如在磁环上绕两组或两组以上的线圈,可以制成高频变压器。 磁环的存在大大增加了线圈电感的稳定性。而磁环的大小、形状、铜线的多种绕制方法,都对线圈的电感量有决定性的影响。改变线圈的形状和相对位置,也可以微调电感量
	微 调 电 感 器 (L)		该电感的磁心制成螺旋式,可以旋到线圈骨架内,整体用金属封装起来,以增加机械强度。磁心帽上设有凹槽,可方便调整

2.3.2 读一读电路图电感器的标识

电感器在电子电路中有特殊的电路标识，电感器种类不同，电路标识也有所区别，我们在对电子电路识读时，通常会先从电路标识入手，了解电感器的种类和功能特点。

1. 识别电感器的电路标识

电感器在电子电路中的标识通常分为两部分，一部分是图形符号，标识电感器的类型；另一部分是字母+数字，标识该电感器在电路中的名称、序号及主要参数。

电感器的电路标识方法如图 2-13 所示。

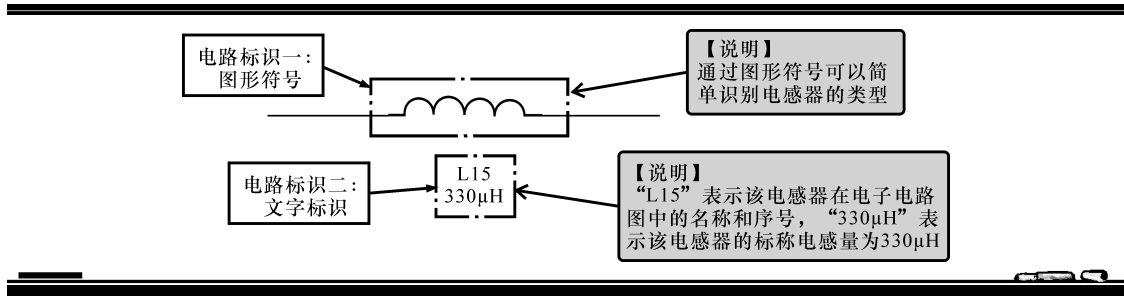


图 2-13 电感器的电路标识方法

图形符号（电路符号）表明了电感器的类型，引线由图形符号两端伸出，与电路图路线连通，构成电子线路；文字标识通常提供了电感器的名称、序号以及电感量等参数信息。

2. 识读电感器的标识信息

电感器的标识主要有“电感器名称和序号”“电感量”“允许偏差”等相关信息。识读电感器的标识信息，对我们分析、检修电路十分重要。

(1) 识别典型调谐电路中电感器的电路标识

典型调谐电路中电感器的电路标识如图 2-14 所示。

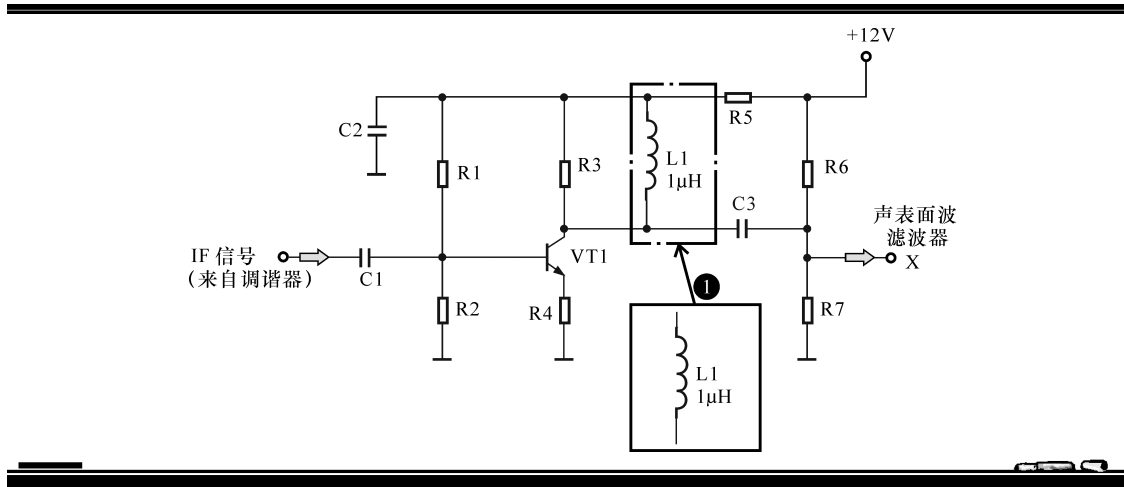


图 2-14 典型调谐电路中电感器的电路标识

“”在电路中表示普通电感器，“L1”为该普通电感器在电路中的名称和序号，“1μH”表示该普通电感器的标称电感量为1μH。

(2) 识别典型可调振荡器电路中电感器的电路标识



典型可调振荡器电路中电感器的电路标识如图 2-15 所示。

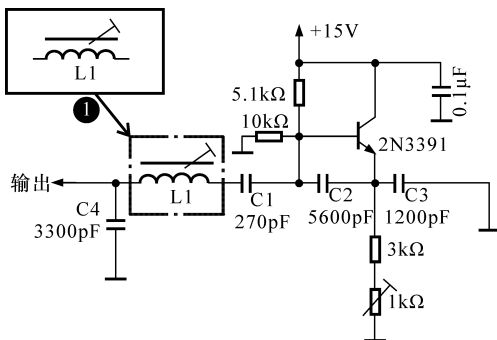


图 2-15 典型可调振荡器电路中电感器的电路标识

“”在电路中表示可调电感器，“L1”为该可调电感器在电路中的名称和序号。

2.4 认识一下二极管的图形符号和电路标识



二极管（全称为半导体二极管）是一种常用的具有一个 PN 结的半导体器件，它具有单向导电性，通过二极管的电流只能沿一个方向流动。二极管只有在所加的正向电压达到一定值后才能导通。下面就以认识电子电路为目标，对二极管的图形符号和电路标识进行了解。

2.4.1 看一看二极管的图形符号



在实际电子产品或设备中，二极管以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上，而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中，二极管则用专用的图形符号代替，电路板上的二极管与电子电路图中的图形符号一一对应，如图 2-16 所示。

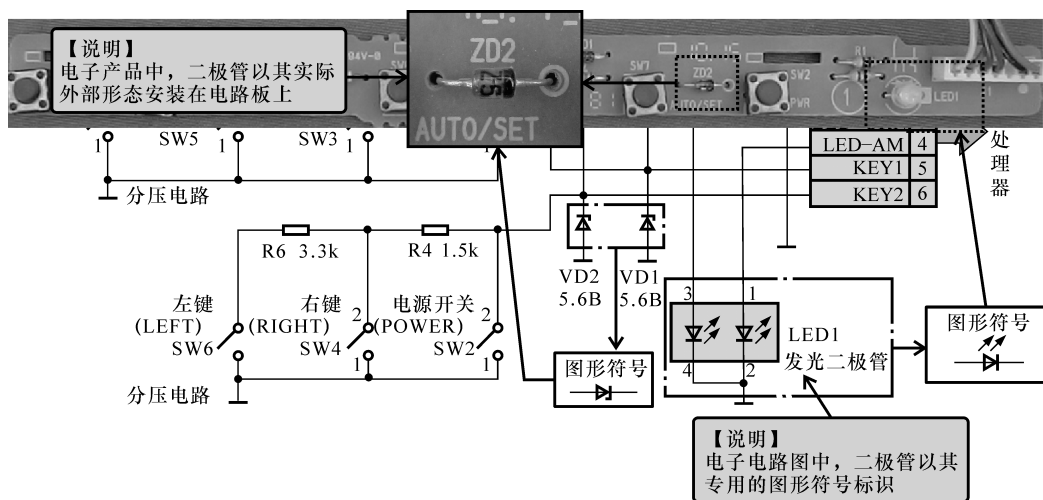


图 2-16 电路板上的二极管与电子电路图中的图形符号一一对应

1. 识别二极管的图形符号

图 2-17 所示为普通二极管在电子电路图中的图形符号，又称电路符号。可以看到，它主要由一个小三角形、表示负极的竖线和两根引出线构成，小三角形和表示负极的竖线就是二极管的图形符号（相当于二极管内 PN 结的结构简化图），两根引出线相当于二极管的两个引脚，由图形符号两端伸出，与电路图中的电路线连通，构成电子线路。

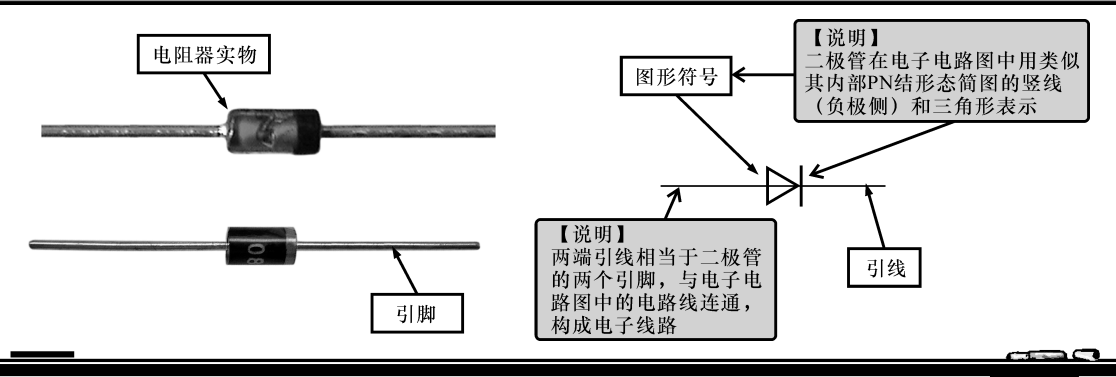


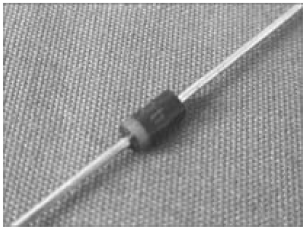
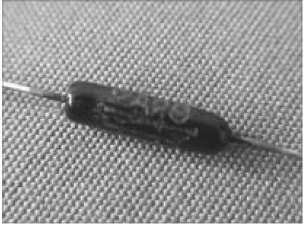
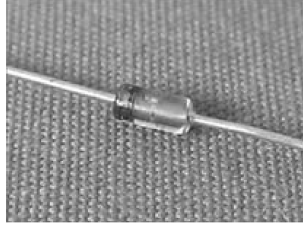
图 2-17 普通二极管在电子电路图中的图形符号

2. 认识不同类型二极管的图形符号

在实际应用中，二极管的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的二极管的图形符号，对准确识别出电子电路图中二极管的类型有重要意义。

常见二极管的图形符号、外形及功能如表 2-4 所列。

表 2-4 常见二极管的图形符号、外形及功能

种类	外形结构	图形符号	说 明
整流二极管 (VD)			整流二极管的外壳封装常采用金属壳封装、塑料封装和玻璃封装。由于整流二极管的正向电流较大，所以整流二极管多为面接触型二极管，结面积大、结电容大，但工作频率低
检波二极管 (VD)			检波二极管是利用二极管的单向导电性把叠加在高频载波上的低频信号检出来的器件。这种二极管具有较高的检波效率和良好的频率特性
稳压二极管 (ZD)			稳压二极管是由硅材料制成的面结合型二极管，利用 PN 结反向击穿时其电压基本保持恒定的特点，来达到稳压的目的。主要有塑料封装、金属封装和玻璃封装三种封装形式

常见普通二极管



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
常见普通二极管	发 光 二 极 管 (VD 或 LED)		发光二极管是一种利用正向偏置时 PN 结两侧的多数载流子直接复合, 释放出光能的发射器件
	变 容 二 极 管		变容二极管是利用 PN 结的电容随外加偏压而变化这一特性制成的非线性半导体元件, 在电路中起电容器的作用, 被广泛用于超高频电路中的参量放大器、电子调谐及倍频器等高频和微波电路中
	开 关 二 极 管 (VD)		开关二极管是利用二极管的单向导电性, 为在电路上进行“开”或“关”的控制而特殊设计的一类二极管。这种二极管的导通/截止速度非常快, 能满足高频和超高频电路的需要, 广泛用于开关及自动控制等电路中
	双 向 触 发 二 极 管 (VD)		双向触发二极管 (简称 DIAC) 是具有对称性的两端半导体器件, 常用来触发双向晶闸管, 或用于过电压保护、定时、移相电路中
	快 恢 复 二 极 管 (VD)		快恢复二极管 (简称 FRD) 也是一种高速开关二极管, 这种二极管的开关特性好, 反向恢复时间很短, 正向压降低, 反向击穿电压较高。主要应用于开关电源、PWM 脉宽调制电路以及变频电子电路中
敏感类二极管	光 敏 二 极 管 (光电二 极 管) (VD)		光敏二极管又称光电二极管, 其特点是当受到光照射时, 二极管反向阻抗会随之变化 (随着光照射的增强, 反向阻抗会由大到小)。利用这一特性, 光敏二极管常用作光电传感器件。 光敏二极管顶端有能射入光线的窗口, 光线可通过该窗口照射到管心上



2.4.2 读一读电路图中的二极管标识



二极管在电子电路中有特殊的电路标识，二极管种类不同，电路标识也有所区别，我们在对电子电路识读时，通常会先从电路标识入手，了解二极管的种类和功能特点。

1. 识别二极管的电路标识

二极管在电子电路中的标识通常分为两部分，一部分是图形符号，标识二极管的类型；另一部分是字母+数字，标识该二极管在电路中的名称、序号及型号参数等信息。典型二极管的电路标识方法如图2-18所示。

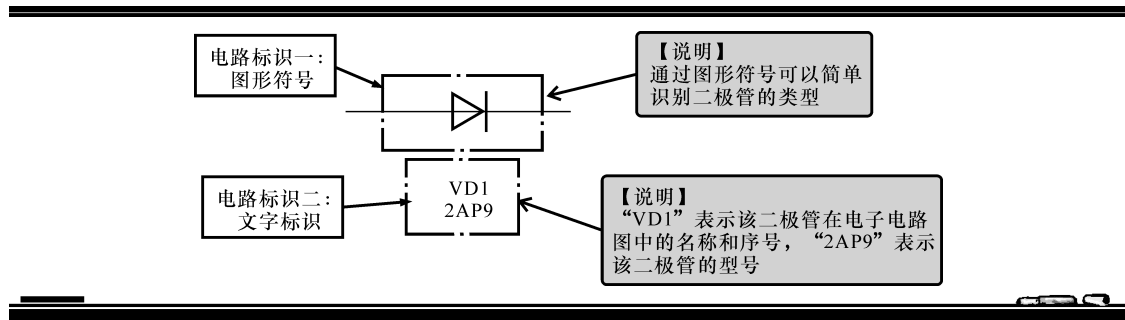


图2-18 典型二极管的电路标识方法

图形符号（电路符号）体现出了二极管的基本类型；引线由图形符号两端伸出，与电路图中的电路线连通，构成电子线路。完整的电路标识通常提供了二极管的类别、名称、序号以及二极管型号等参数信息。

2. 识读二极管的标识信息

二极管的标识主要有“二极管名称”“材料/极性”“类型”“序号”“规格号”等相关信息。识读二极管的标识信息，对我们分析、检修电路十分重要。

(1) 识读典型整流电路中二极管的电路标识

典型整流电路中二极管的电路标识如图2-19所示。

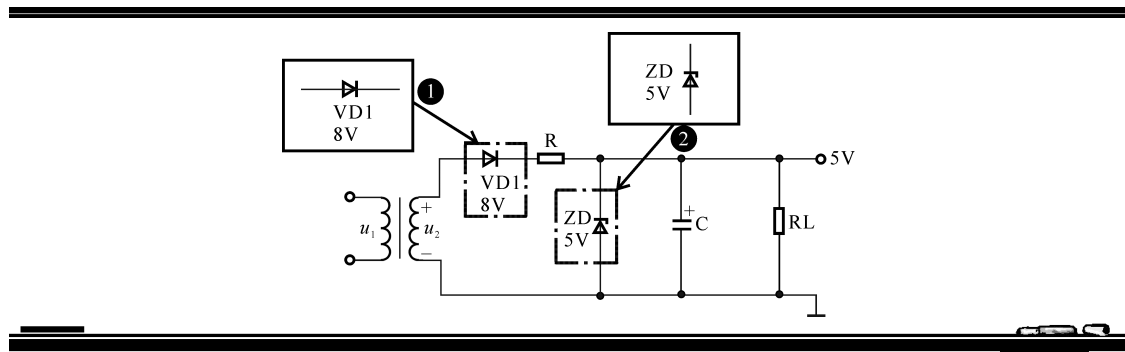


图2-19 典型整流电路中二极管的电路标识

① “” 在电路中表示普通二极管，“VD1”表示该普通二极管在电路中的名称和序号，“8V”表示该普通二极管的耐压值为8V。

② “” 在电路中表示稳压二极管，“ZD”为该稳压二极管在电路中的名称标识，“5V”表示该稳压二极管可将电压稳定在5V上。



(2) 识读典型光控电子生日蛋糕电路中的二极管电路标识

典型光控电子生日蛋糕电路中二极管的电路标识如图 2-20 所示。

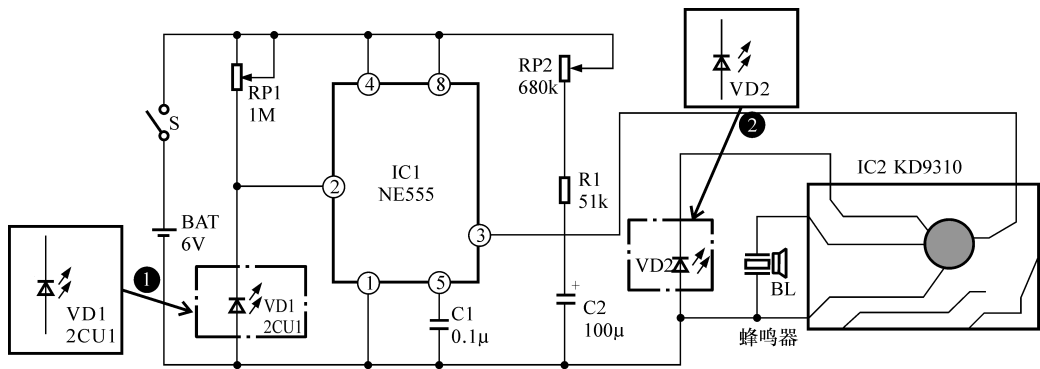


图 2-20 典型光控电子生日蛋糕电路中二极管的电路标识

① “” 在电路中表示光敏二极管，“VD1” 表示该光敏二极管在电路中的名称和序号，“2CU1” 表示该光敏二极管的型号。

② “” 在电路中表示发光二极管，“VD2” 表示该发光二极管在电路中的名称和序号。

2.5 认识一下三极管的图形符号和电路标识



半导体三极管是一种半导体元件，简称晶体管或三极管，它是在一块半导体基片上制作两个距离很近的 PN 结，这两个 PN 结把整块半导体分成三部分，中间部分称为基极 (b)，两侧部分是集电极 (c) 和发射极 (e)，是电子电路中非常重要的核心元器件。三极管最重要的功能就是具有电流放大作用，可由基极输入一个很小的电流来控制大电流输出。下面就以认识电子电路为目标，对三极管的图形符号和电路标识进行了解。

2.5.1 看一看三极管的图形符号



在实际电子产品或设备中，三极管以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上，而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中，三极管则用专用的图形符号代替，电路板上的三极管与电子电路图中的图形符号一一对应，如图 2-21 所示。

1. 识别三极管的图形符号

图 2-22 所示为普通三极管在电子电路图中的图形符号，又称电路符号。可以看到，它主要由代表三个电极的三根不同引线构成，带有箭头的一根线为其发射极 (e)，与发射极成对称关系的一根线为集电极 (c)，与竖线垂直的一根线为基极 (b)，三根引线分别与电路图中的电路线连通，构成电子线路。

2. 认识不同类型三极管的图形符号

在实际应用中，三极管的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的三极管的图形符号，对准确识别出电子电路图中三极管的类型有重要意义。

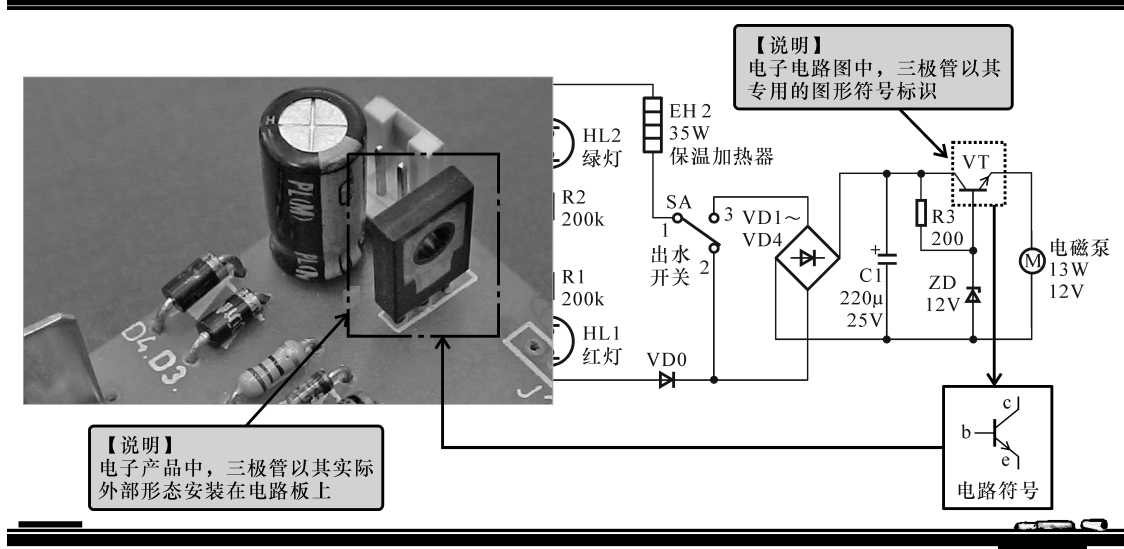


图 2-21 电路板上的三极管与电子电路图中的图形符号一一对应
常见三极管的图形符号、外形及功能如表 2-5 所列。

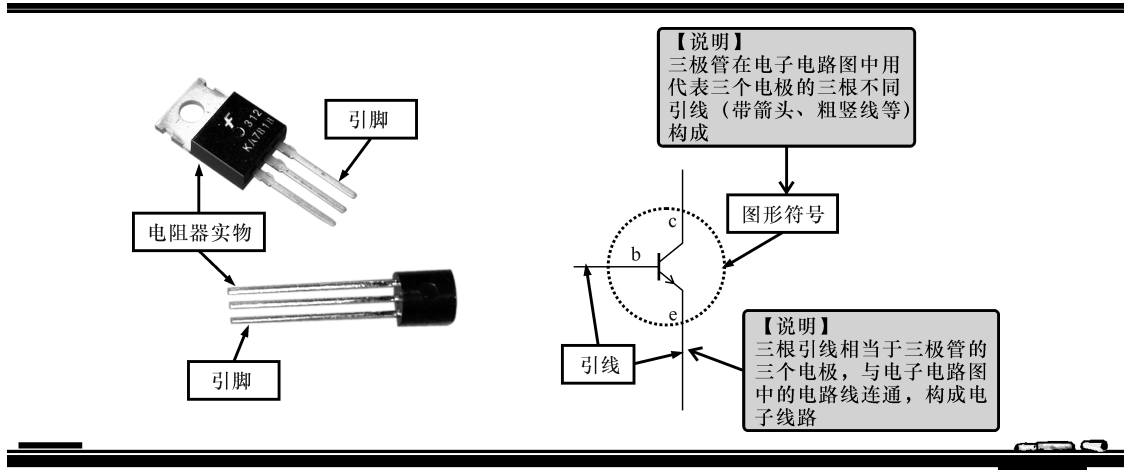
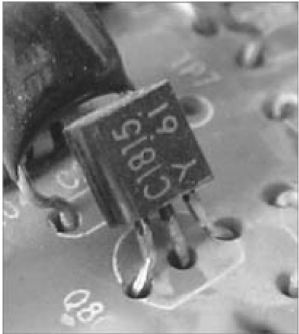


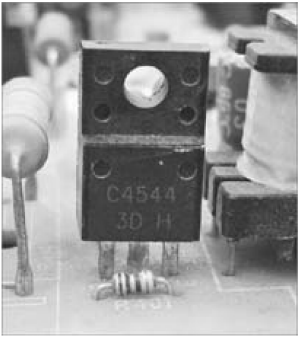
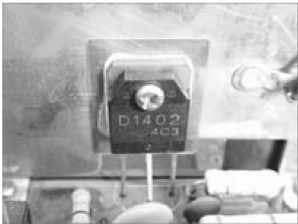
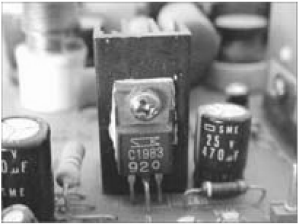
图 2-22 普通三极管在电子电路图中的图形符号

表 2-5 常见三极管的图形符号、外形及功能

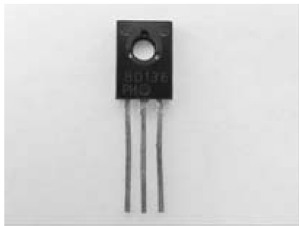
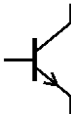
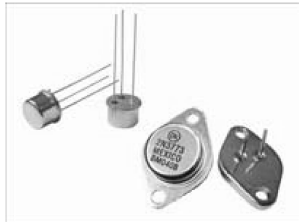
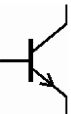
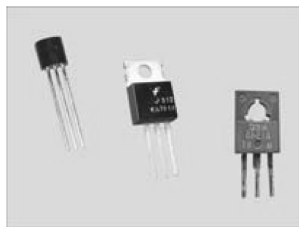
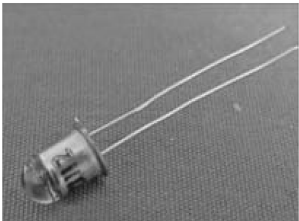
种类	外形结构	图形符号	说 明
不同功率的三极管		 (NPN型) 或  (PNP型)	小功率三极管的功率 P_c 一般小于 0.3W，它是电子电路中用得最多的三极管之一。主要用来放大交、直流信号或应用在振荡器、变换器等电路中



(续)

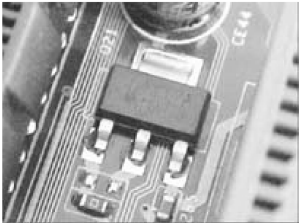
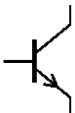
种类	外形结构	图形符号	说 明
不同功率的三极管		 (NPN型)	中功率三极管的功率 P_C 一般在 $0.3 \sim 1W$ 之间, 这种三极管主要用于驱动电路和激励电路之中, 或者是为大功率放大器提供驱动信号。根据工作电流和耗散功率, 应采用适当的散热方式
		或  (PNP型)	大功率三极管的功率 P_C 一般在 $1W$ 以上, 这种三极管由于耗散功率比较大, 工作时往往会引起芯片内温度过高, 所以通常需要安装散热片, 以确保三极管有良好的散热
不同频率的三极管		 (NPN型) 或	低频三极管的特征频率 f_T 小于 $3MHz$, 这种三极管多用于低频放大电路, 如收音机的功放电路等
		 (PNP型)	高频三极管的特征频率 f_T 大于 $3MHz$, 这种三极管多用于高频放大电路、混频电路或高频振荡电路

(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明	
不同材料的三极管	锗三极管 (VT)		 (NPN型)	锗材料制作的 PN 结正向导通电压为 0.2 ~ 0.3V。锗三极管比硅三极管具有较低的饱和压降
	硅三极管 (VT)		或  (PNP型)	硅材料制作的 PN 结正向导通电压为0.6 ~0.7V
不同封装形式的三极管	金属封装三极管 (VT)		 (NPN型)	金属封装型三极管主要有 B 型、C 型、D 型、E 型、F 型和 G 型
	塑料封装三极管 (VT)		或  (PNP型)	塑料封装型三极管主要有 S-1 型、S-2 型、S-4 型、S-5 型、S-6A 型、S-6B 型、S-7 型、S-8 型以及 F3-04 型和 F3-04B 型，目前，以塑料封装型三极管较为常见
其他三极管	光敏三极管 (VT)		 或 	光敏三极管又称光电晶体管，是一种具有放大能力的光—电转换器件，因此相比光敏二极管具有更高的灵敏度。需要注意的是，光敏三极管既有三个引脚的，也有两个引脚的，使用时要注意辨别，不要误认为两个引脚的光敏三极管为光敏二极管



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
贴片三极管 (VT)		 (NPN型) 或  (PNP型)	采用表面封装形式的三极管体积小, 多用于数码产品的电子电路中

2.5.2 读一读电路图中的三极管标识



三极管在电子电路中有特殊的电路标识, 三极管种类不同, 电路标识也有所区别, 我们在对电子电路识读时, 通常会先从电路标识入手, 了解三极管的种类和功能特点。

1. 识别三极管的电路标识

三极管在电子电路中的标识通常分为两部分, 一部分是图形符号, 标识三极管的类型; 另一部分是字母 + 数字, 标识该三极管在电路中的名称、序号及型号等信息。

三极管的电路标识方法如图 2-23 所示。

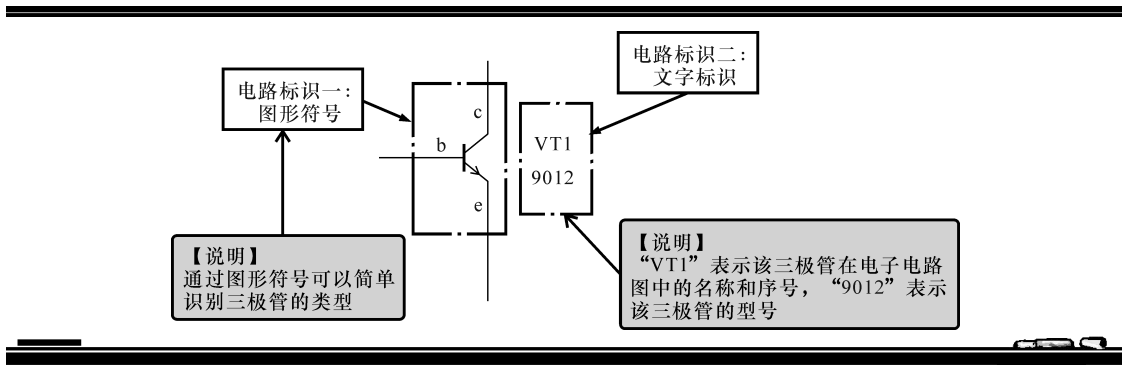


图 2-23 三极管的电路标识方法

图形符号 (电路符号) 体现出了三极管的基本类型; 引线由图形符号各端伸出, 与电路图中的电路线连通, 构成电子线路。完整的电路标识通常提供了三极管的类别、名称、序号以及型号等参数信息。

2. 识读三极管的标识信息

三极管的标识主要有“三极管名称”“材料/极性”“类型”“序号”“规格号”等相关信息。识读三极管的标识信息, 对我们分析、检修电路十分重要。

(1) 识读基本放大电路中三极管的电路标识

基本放大电路中三极管的电路标识如图 2-24 所示。

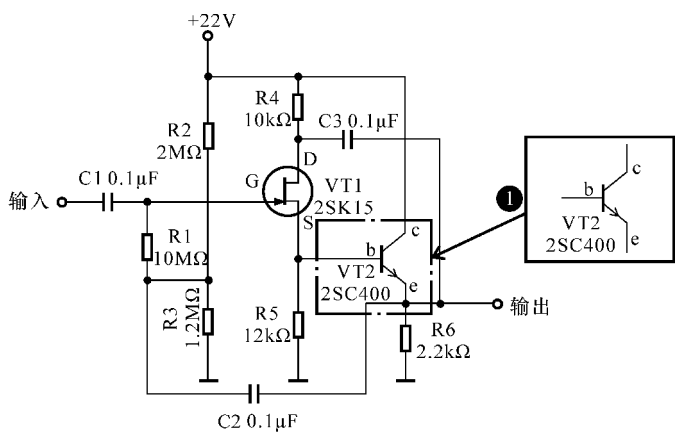


图 2-24 基本放大电路中三极管的电路标识

在电路中表示普通三极管，“VT2”表示该三极管在电路中的名称和序号，“2SC400”表示该三极管的型号。



【资料】

在三极管的图形符号中还标识了其三个引脚的极性：“b、c、e”，其中b表示三极管的基极；c表示三极管的集电极；e表示三极管的发射极。这三个电极根据图形符号中引线的外形也可以区分。三极管的基极（b）是控制极，其电流大小控制着集电极（c）和发射极（e）之间电流的大小。

(2) 识读光控 LED 灯电路中三极管的电路标识
光控 LED 灯电路中三极管的电路标识如图 2-25 所示。

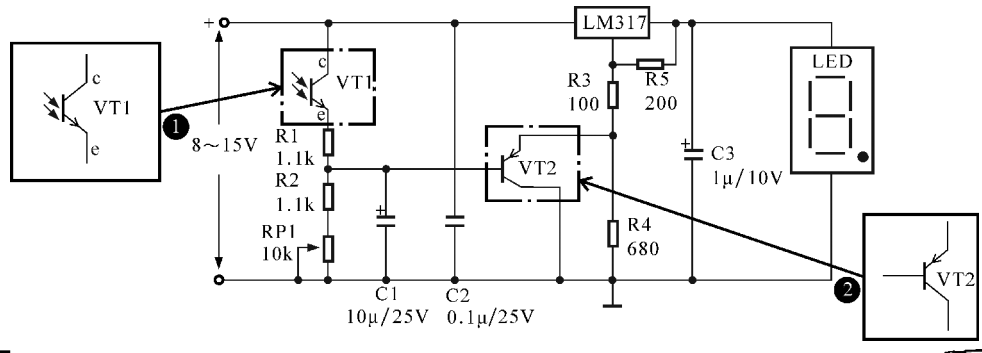


图 2-25 光控 LED 灯电路中三极管的电路标识

- ① 在电路中表示光敏三极管，“VT1”表示该光敏三极管在电路中的名称和序号。
- ② 在电路中表示 PNP 型的三极管，“VT2”表示该三极管在电路中的名称和序号。



2.6 认识一下场效应晶体管的图形符号和电路标识



场效应晶体管 (Field - Effect Transistor) 简称场效应管或 FET, 是一种典型的电压控制型半导体器件, 具有输入阻抗高、噪声小、热稳定性好、便于集成等特点, 但容易被静电击穿。场效应晶体管有三只引脚, 分别为漏极 (D)、源极 (S)、栅极 (G)。下面就以认识电子电路为目标, 对场效应晶体管的图形符号和电路标识进行了解。

2.6.1 看一看场效应晶体管的图形符号



在实际电子产品或设备中, 场效应晶体管以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上, 而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中, 场效应晶体管则用专用的图形符号代替, 电路板上的场效应晶体管与电子电路图中的图形符号一一对应, 如图 2-26 所示。

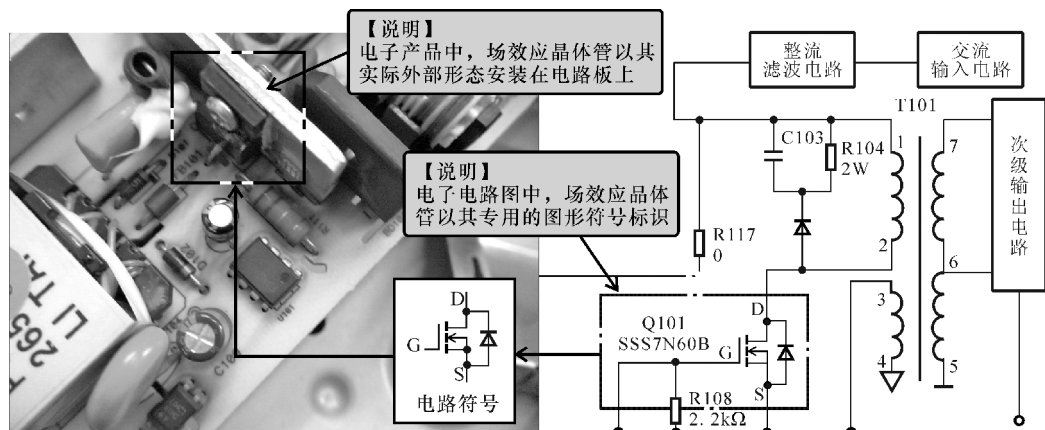


图 2-26 电路板上的场效应晶体管与电子电路图中的图形符号一一对应

1. 识别场效应晶体管的图形符号

图 2-27 所示为普通场效应晶体管在电子电路图中的图形符号, 又称电路符号。可以看到, 它主要由代表三个电极的三根线构成, 带有箭头的一根线为栅极 (G), 另外两根平行的线分别为源极 (S) 和漏极 (D), 三根引线分别与电路图中的电路线连通, 构成电子线路。

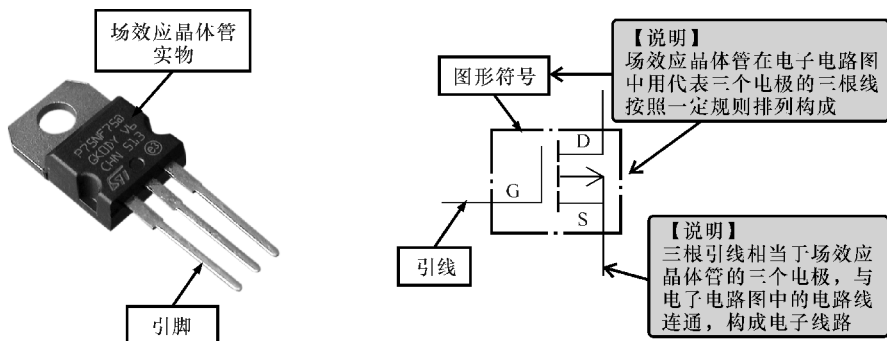


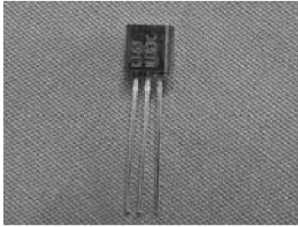
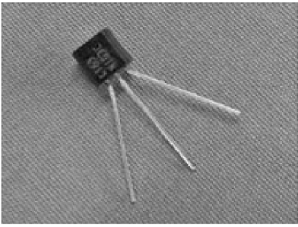
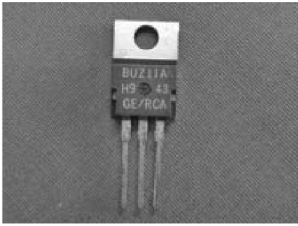
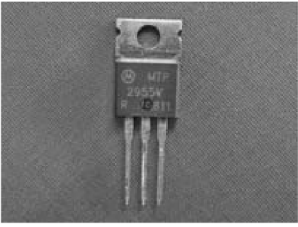
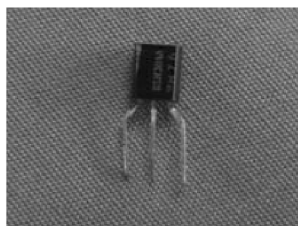
图 2-27 普通场效应晶体管在电子电路图中的图形符号

2. 认识不同类型场效应晶体管的图形符号

在实际应用中，场效应晶体管的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的场效应晶体管的图形符号，对准确识别出电子电路图中场效应晶体管的类型有重要意义。

常见场效应晶体管的图形符号、外形及功能如表 2-6 所列。

表 2-6 常见场效应晶体管的图形符号、外形及功能

种类	外形结构	图形符号	说 明
结型场效应晶体管	结型 N 沟道场效应晶体管（VT） 		结型场效应晶体管是在一块 N 型（或 P 型）半导体材料两边制作 P 型（或 N 型）区，从而形成 PN 结所构成的。与中间半导体相连接的两个电极称为漏极 Drain（用 D 表示）和源极 Source（用 S 表示），而把两侧的半导体引出的电极相连接在一起的称为栅极 Gat（用 G 表示）。 结型场效应晶体管是利用让沟道两边的耗尽层宽窄，改变沟道导电特性来控制漏极电流的
	结型 P 沟道场效应晶体管（VT） 		
绝缘栅型场效应晶体管	N 沟道增强型场效应晶体管（VT） 		绝缘栅型场效应晶体管（MOS-FET）由金属氧化物、半导体材料制成，通常简称为 MOS 场效应管或 MOS 管 绝缘栅型场效应晶体管是利用感应电荷的多少，改变沟道导电特性来控制漏极电流的。它与结型场效应晶体管的外形相同，只是型号标记不同。 MOS 场效应管一般用于音频功率放大、开关电源、逆变器、电源转换器、镇流器、充电器、电动机驱动、继电器驱动等电路中
	P 沟道增强型场效应晶体管（VT） 		
	N 沟道耗尽型场效应晶体管（VT） 		



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
绝缘栅型 场效应 晶体管	P 沟道耗尽型场效应晶体管 (VT)		绝缘栅型场效应晶体管 (MOS-FET) 由金属氧化物、半导体材料制成, 通常简称为 MOS 场效应管或 MOS 管
	耗尽型双栅 N 沟道场效应晶体管 (VT)		绝缘栅型场效应晶体管是利用感应电荷的多少, 改变沟道导电特性来控制漏极电流的。它与结型场效应晶体管的外形相同, 只是型号标记不同。
	耗尽型双栅 P 沟道场效应晶体管 (VT)		MOS 场效应管一般用于音频功率放大、开关电源、逆变器、电源转换器、镇流器、充电器、电动机驱动、继电器驱动等电路中

2.6.2 读一读电路图中的场效应晶体管标识



场效应晶体管在电子电路中有特殊的电路标识, 场效应晶体管种类不同, 电路标识也有所区别, 我们在对电子电路识读时, 通常会先从电路标识入手, 了解场效应晶体管的种类和功能特点。

1. 识别场效应晶体管的电路标识

场效应晶体管在电子电路中的标识通常分为两部分, 一部分是图形符号, 标识场效应晶体管的类型; 另一部分是字母 + 数字, 标识该场效应晶体管在电路中的名称、序号及型号等信息。典型场效应晶体管的电路标识方法如图 2-28 所示。

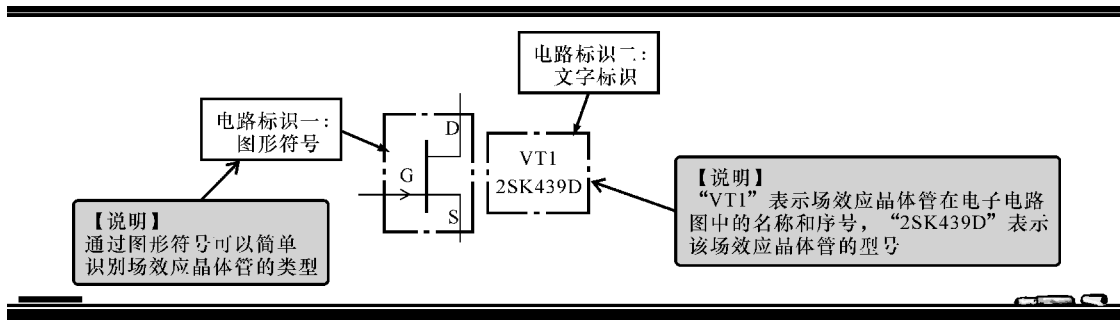


图 2-28 典型场效应晶体管的电路标识方法

图形符号体现出了场效应晶体管的基本类型; 引线由图形符号各端伸出, 与电路图中的电



路线连通, 构成电子线路。完整的电路标识通常提供了场效应晶体管的类别、名称、序号以及场效应晶体管型号等参数信息。

2. 识读场效应晶体管的标识信息

场效应晶体管的标识主要有“名称”“极性”“材料”“类型”“规格号”等相关信息。识读场效应晶体管的标识信息, 对我们分析、检修电路十分重要。

(1) 识读典型收音机高频放大电路中场效应晶体管的电路标识

典型收音机高频放大电路中场效应晶体管的电路标识如图 2-29 所示。

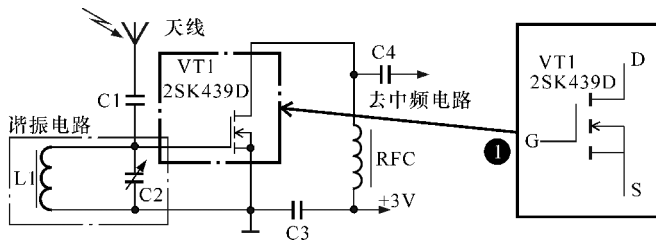


图 2-29 典型收音机高频放大电路中场效应晶体管的电路标识

在电路中表示绝缘栅型 N 沟道场效应晶体管, “VT1” 表示该场效应晶体管在电路中的名称和序号, “2SK439D” 表示该场效应晶体管的型号。

(2) 识读典型电压放大电路中场效应晶体管的电路标识

典型电压放大电路中场效应晶体管的电路标识如图 2-30 所示。

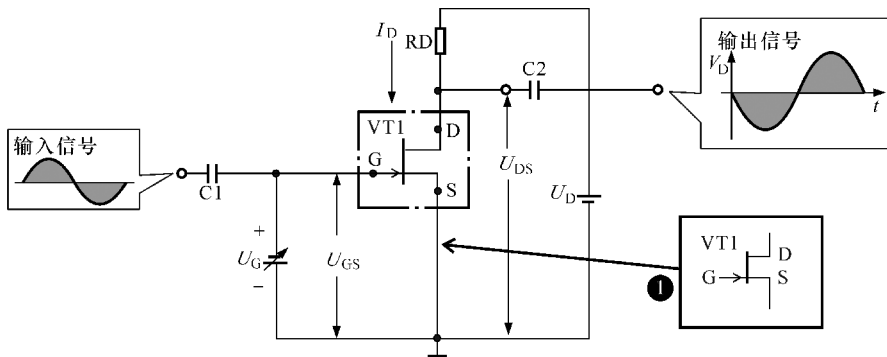


图 2-30 典型电压放大电路中场效应晶体管的电路标识

在电路中表示结型 N 沟道场效应晶体管, VT1 表示该场效应晶体管在电路中的名称和序号。

2.7 认识一下晶闸管的图形符号和电路标识



晶闸管是闸流晶体管的简称, 是一种可控整流半导体器件, 又称可控硅。晶闸管在一定的电压条件下, 只要有一触发脉冲就可导通, 触发脉冲消失, 晶闸管仍然能维持导



通状态，可以微小的功率控制较大的功率，因此，常作为电动机驱动控制、电动机调速控制、电量通断、调压、控温等的控制器件，广泛用于电子电器产品、工业控制及自动化生产领域中。下面就以认识电子电路为目标，对晶闸管的图形符号和电路标识进行了解。

2.7.1 看一看晶闸管的图形符号



在实际电子产品或设备中，晶闸管以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上，而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中，晶闸管则用专用的图形符号代替，电路板上的晶闸管与电子电路图中的图形符号一一对应，如图 2-31 所示。

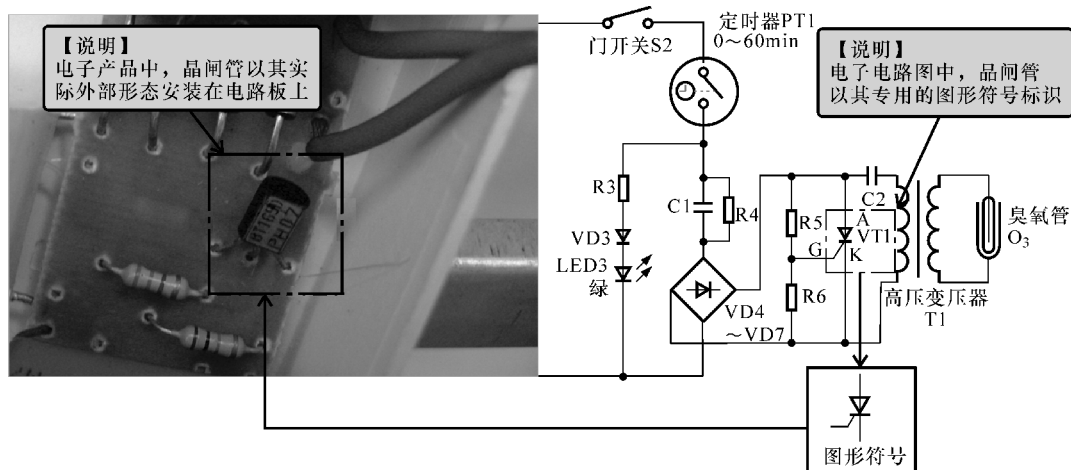


图 2-31 电路板上的晶闸管与电子电路图中的图形符号一一对应

1. 识别晶闸管的图形符号

图 2-32 所示为普通晶闸管在电子电路图中的图形符号，又称电路符号。可以看到，它主要由代表晶闸管内部 PN 结的三角形、竖线和三个电极的三根线构成，三根线分别代表晶闸管的三个电极，其中竖线一侧引线为晶闸管的阴极（K），三角形一侧引线为晶闸管的阳极（A），弯折的引线为晶闸管的控制极（G），三根引线分别与电路图中的电路线连通，构成电子线路。

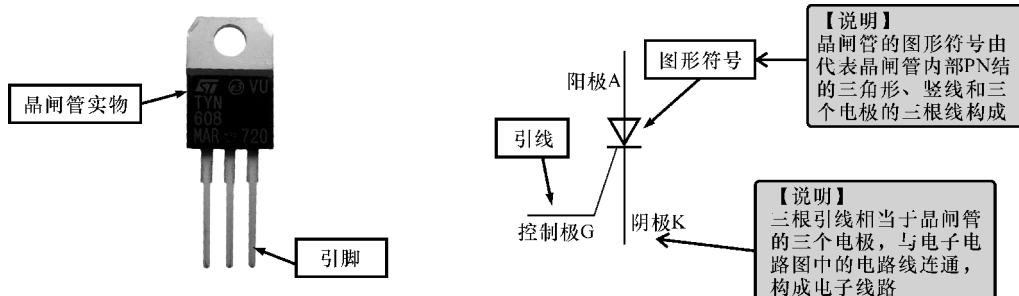


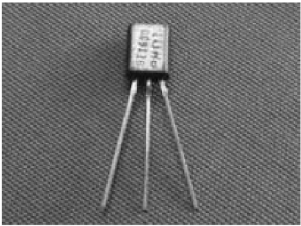
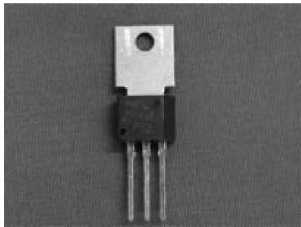
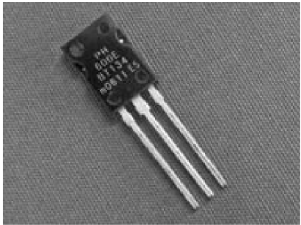
图 2-32 普通晶闸管在电子电路图中的图形符号

2. 认识不同类型晶闸管的图形符号

在实际应用中，晶闸管的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的晶闸管的图形符号，对准确识别出电子电路图中晶闸管的类型有重要意义。

常见晶闸管的图形符号、外形及功能如表 2-7 所列。

表 2-7 常见晶闸管的图形符号、外形及功能

种类	外形结构	图形符号	说 明
单向晶闸管	阳极侧受控单向晶闸管 (VS)		单向晶闸管 (SCR) 是由 P - N - P - N 四层三个 PN 结组成的，被广泛用于可控整流、交流调压、逆变器和开关电源电路中。单向晶闸管阳极 A 与阴极 K 之间加有正向电压，当同时在控制极 G 与阴极间加上所需的正向触发电压时，方可被触发导通。触发脉冲消失，仍维持导通状态
	阴极侧受控单向晶闸管 (VS)		
双向晶闸管	双向晶闸管 (VS)		双向晶闸管曾称双向可控硅，属于 N - P - N - P - N 共五层半导体器件，在结构上相当于两个单向晶闸管反极性并联。与单向晶闸管不同的是，双向晶闸管可以双向导通，可允许两个方向有电流流过，常用在交流电路中调节电压、电流，或用作交流无触点开关
单结晶体管	单结晶体管 (VS)		单结晶体管 (UJT) 又称双基极二极管。从结构功能上类似晶闸管，它是由一个 PN 结和两个内电阻构成的三端半导体器件，有一个 PN 结和两个基极。 单结晶体管具有电路简单、热稳定性好等优点，广泛用于振荡、定时、双稳电路及晶闸管触发等电路中



(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
可关断晶闸管	阳极受控可关断晶闸管 (VS)		可关断晶闸管 GTO (Gate Turn - Off Thyristor) 又称门控晶闸管、门极关断晶闸管, 其主要特点是当门极加上负向触发信号时, 晶闸管能自行关断
	阴极受控可关断晶闸管 (VS)		
快速晶闸管	快速晶闸管 (VS)		快速晶闸管是可以在 400Hz 以上频率工作的晶闸管, 其开通时间为 $4 \sim 8\mu\text{s}$, 关断时间为 $10 \sim 60\mu\text{s}$ 。主要用于较高频率的整流、斩波、逆变和变频电路中
螺栓型晶闸管	螺栓形晶闸管 (VS)		螺栓形晶闸管与普通单向晶闸管相同, 封装形式不同。这种结构便于安装在散热片上, 工作电流较大的晶闸管多采用这种结构形式

2.7.2 读一读电路图中的晶闸管标识



晶闸管在电子电路中有特殊的电路标识, 晶闸管种类不同, 电路标识也有所区别, 我们在对电子电路识读时, 通常会先从电路标识入手, 了解晶闸管的种类和功能特点。

1. 识别晶闸管的电路标识

晶闸管在电子电路中的标识通常分为两部分, 一部分是图形符号, 标识晶闸管的类型; 另一部分是字母 + 数字, 标识该晶闸管在电路中的名称、序号及型号等信息。

晶闸管的电路标识方法如图 2-33 所示。

图形符号 (电路符号) 体现了晶闸管的基本类型; 引线由图形符号各端伸出, 与电路图中的电路线连通, 构成电子线路。完整的电路标识通常提供了晶闸管的类别、名称、序号以及晶闸管型号等参数信息。

2. 识读晶闸管的标识信息

晶闸管的标识主要有“名称”“类型”“额定通态电流值”“重复峰值电压级数”等相关信



息。识读晶闸管的标识信息,对我们分析、检修电路十分重要。

(1) 识读典型光控报警灯电路中晶闸管的电路标识

典型光控报警灯电路中晶闸管的电路标识如图 2-34 所示。

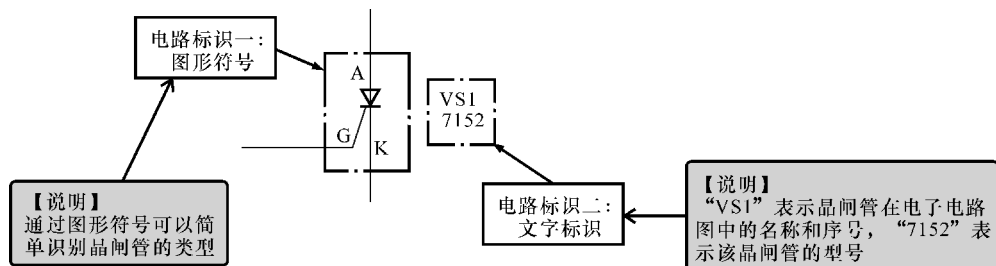


图 2-33 晶闸管的电路标识方法

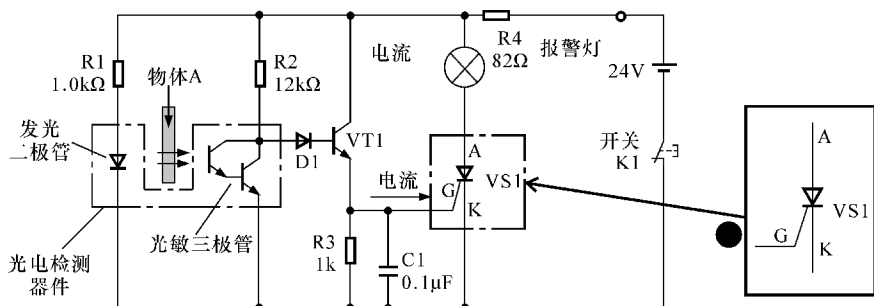


图 2-34 典型光控报警灯电路中晶闸管的电路标识

在电路中表示阴极受控的单向晶闸管，“VS1”表示该晶闸管在电路中的名称和序号，

“A、G、K” 分别表示晶闸管的三个电极。

(2) 识读温电热毯温控电路中晶闸管的电路标识

温电热毯温控电路中晶闸管的电路标识如图 2-35 所示。

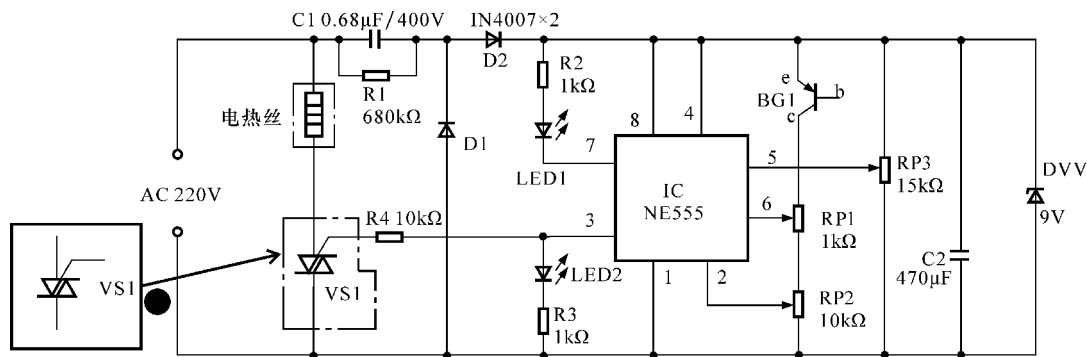


图 2-35 温电热毯温控电路中晶闸管的电路标识



在电路中表示双向晶闸管，“VS1”表示该双向晶闸管在电路中的名称和序号。

2.8 认识一下集成电路的图形符号和电路标识



46



集成电路是将一个单元电路或多个单元电路的主要元件或全部元件都集成在一个单晶硅片上，并封装在特制的外壳中，具备一定功能的完整电路。它作为一种常用电气部件，在电子产品中有着广泛的应用。下面就以认识电子电路为目标，对集成电路的图形符号和电路标识进行了解。

2.8.1 看一看集成电路的图形符号



在实际电子产品或设备中，集成电路以其实际的外部形态安装在各种各样的电路板上，而在对应于该电子产品或设备的电子电路图中，集成电路则用专用的图形符号代替，电路板上的集成电路与电子电路图中的图形符号一一对应，如图 2-36 所示。

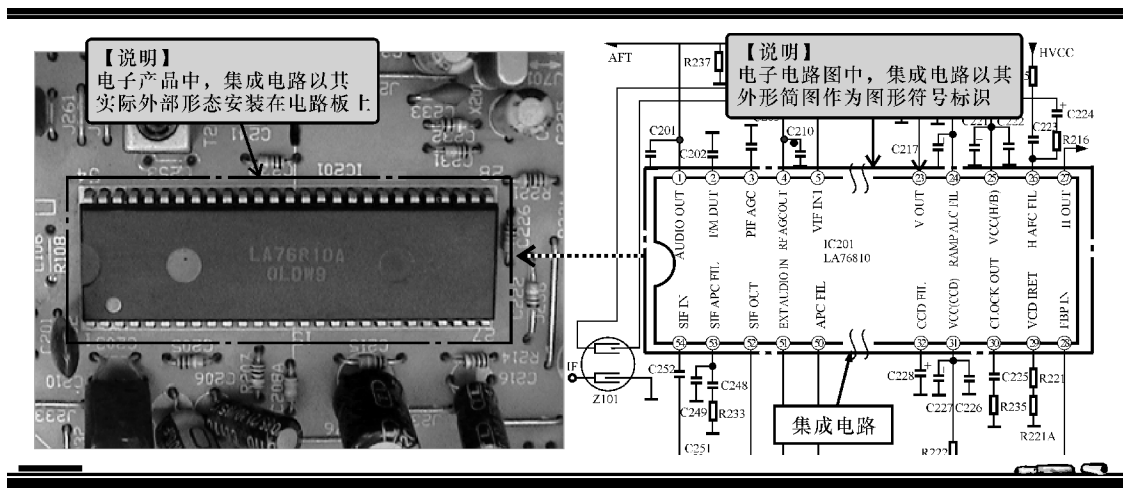


图 2-36 电路板上的集成电路与电子电路图中的图形符号一一对应

1. 识别集成电路的图形符号

图 2-37 所示为普通集成电路在电子电路图中的图形符号，又称电路符号。可以看到，它由其外形简化图体现，即由与其外形相似的矩形框、引脚及带序号引脚标识等构成。矩形框一般与实际集成电路的外形形状相似，引脚的排列顺序、个数等均与实际集成电路相同，每个引脚都可与电路图中外围元器件的引脚相连通，构成电子线路。

2. 认识不同类型集成电路的图形符号

在实际应用中，集成电路的类型多种多样，相对应的图形符号也有所区别，因此，了解不同类型的集成电路的图形符号，对准确识别出电子电路图中集成电路的类型有重要意义。

常见集成电路的图形符号、外形及功能如表 2-8 所列。

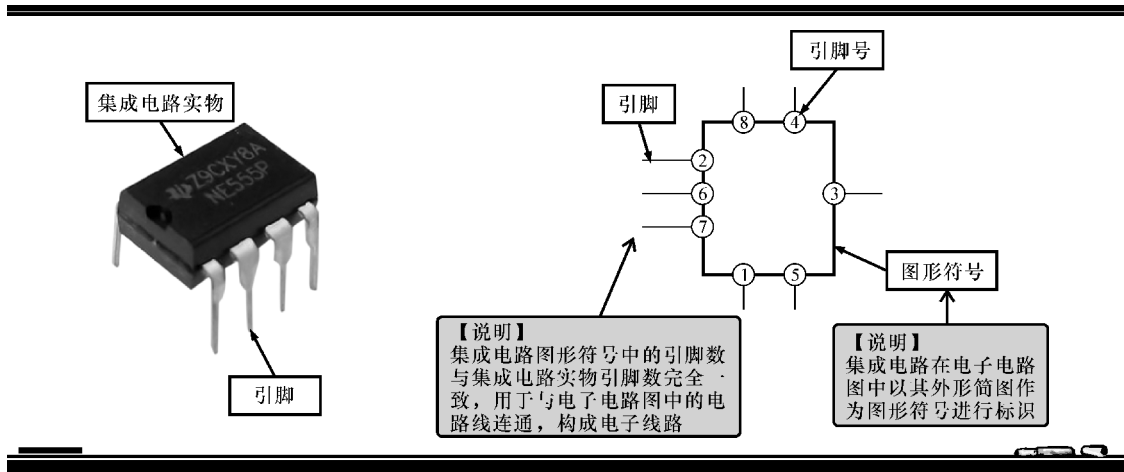
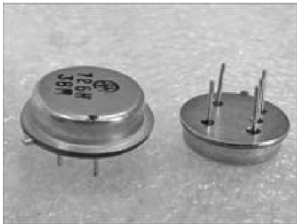
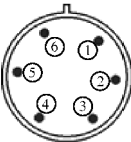
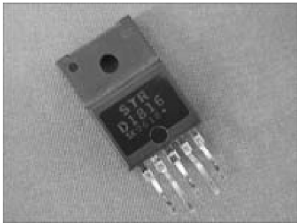
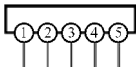
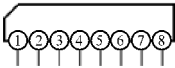
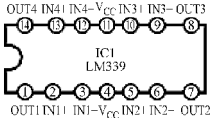
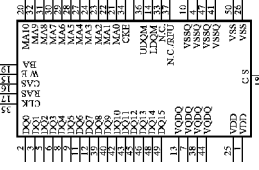
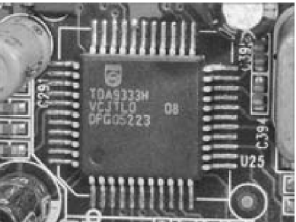
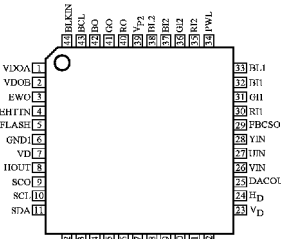
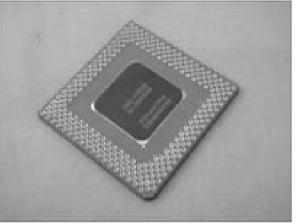
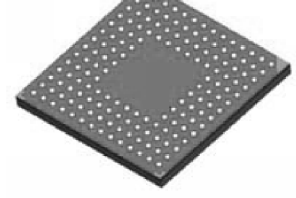


图 2-37 普通集成电路在电子电路图中的图形符号

表 2-8 常见集成电路的图形符号、外形及功能

种类	外形结构	图形符号	说 明
金属封装型 集成电路（IC）			金属封装型集成电路多为金属圆帽型，功能较为单一，引脚数较少
功率塑封式 集成电路（IC）			功率塑封式集成电路一般只有一列引脚，引脚数目较少，一般为3~16只。其内部电路简单，且都用于大功率的电路；通常设有散热片，可以贴装在其他金属散热片上，其引脚通常也不进行特殊的弯折处理
单列直插式 集成电路（IC）			单列直插式集成电路的内部电路相对简单。其引脚数较少（3~16只），只有一排引脚。这种集成电路造价较低，安装方便。小型的集成电路多采用这种封装形式

(续)

种类	外形结构	图形符号	说 明
双列直插式 集成电路 (IC)			双列直插式集成电路多为长方形结构，两排引脚分别由两侧引出，这种集成电路内部电路较复杂，一般采用陶瓷塑封，耐高温性能好，安装比较方便，应用广泛，其引脚通常情况下都是直的，没有进行特殊的弯折处理
双列表面安装式 集成电路 (IC)			双列表面安装式集成电路的引脚是分布在两侧的，引脚数目较多，一般为 5~28 只。 双列表面安装式集成电路引脚很细，有特殊的弯折处理，便于粘贴在电路板上
扁平封装型 集成电路			扁平封装型集成电路的引脚数目较多，且引脚之间的间隙很小。主要通过表面安装技术安装在电路板上。这种集成电路在数码产品中十分常见，其功能强大，体积较小，但检修和更换都较为困难（需使用专业工具）
矩形针脚插入型 集成电路			矩形针脚插入型集成电路的引脚很多，内部结构十分复杂，功能强大，这种集成电路多应用于智能化的数字产品中。如计算机中的中央处理器多采用针脚插入型封装形式
球栅阵列型 集成电路			球栅阵列型集成电路体积小，引脚在集成电路的下方（因此在集成电路四周看不见引脚）；其形状为球形，采用表面贴片焊装技术，被广泛应用于小型数码产品中，如新型手机的信号处理集成电路

2.8.2 读一读电路图中的集成电路标识



集成电路在电子电路中有特殊的电路标识, 集成电路种类不同, 电路标识也有所区别, 我们在对电子电路识读时, 通常会先从电路标识入手, 了解集成电路的种类和功能

特点。

1. 识别集成电路的电路标识

集成电路在电子电路中的标识通常分为两部分，一部分是图形符号，标识集成电路的引脚个数、引脚功能等；另一部分是字母+数字，标识该集成电路在电路中的名称、序号及型号等信息。典型集成电路的电路标识方法如图 2-38 所示。

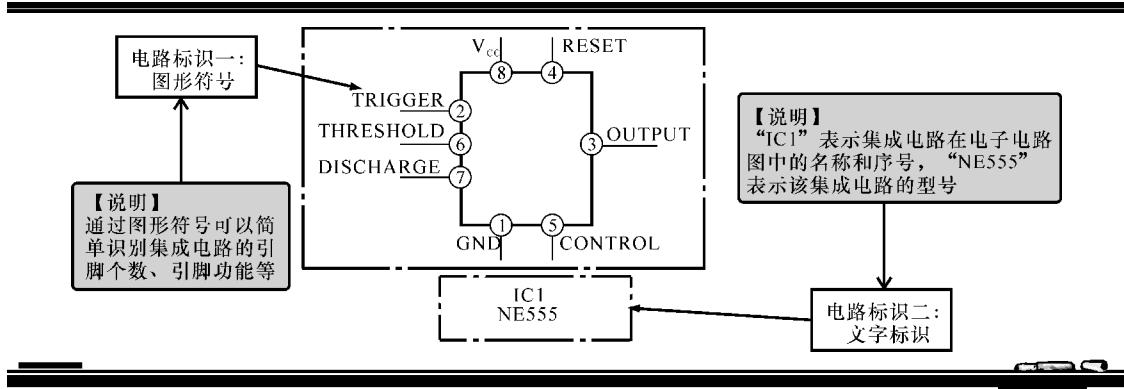


图 2-38 典型集成电路的电路标识方法

图形符号体现了集成电路的基本类型、引脚个数、引脚功能等；引线由图形符号引脚号端伸出，与电路图中的电路线连通，构成电子线路。文字标识通常提供了集成电路的类别、名称、序号以及集成电路型号等参数信息。

2. 识读集成电路的标识信息

集成电路的标识主要有“名称”“序号”“型号”等相关信息。识读集成电路的标识信息，对我们分析、检修电路十分重要。

(1) 识读典型直流供电电路中集成电路的电路标识

典型直流供电电路中集成电路的电路标识如图 2-39 所示。

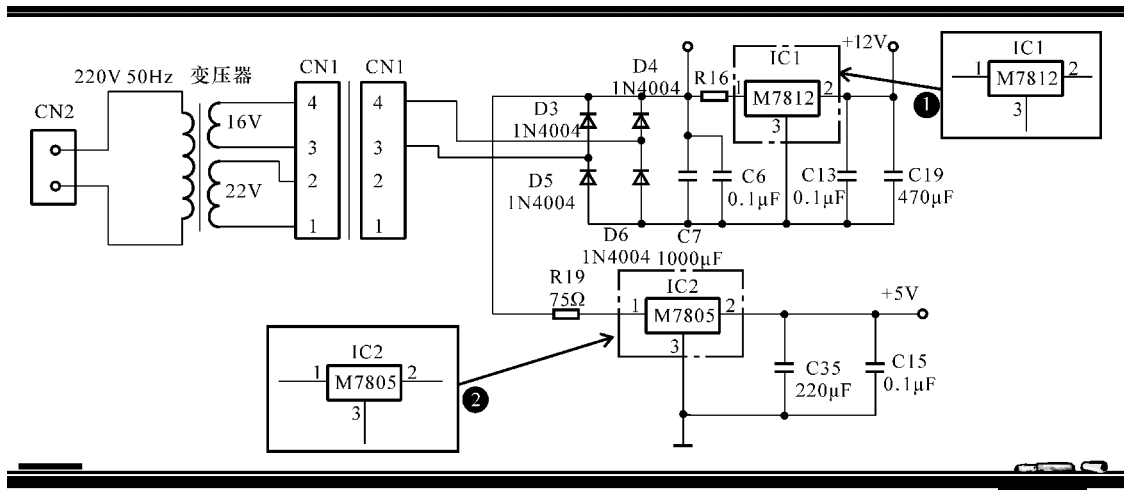


图 2-39 典型直流供电电路中集成电路的电路标识

① “” 在电路中表示三端稳压器（集成稳压电路），“IC1” 表示该集成电路在电路中的名称和序号，“M7812” 表示该集成电路的型号（12V 三端稳压器），“1、2、3” 表示该集成



路的引脚号。

② 同样作为三端稳压器，“IC2”表示该集成电路在电路中的名称和序号，“M7805”表示该集成电路的型号（5V 三端稳压器），“1、2、3”表示该集成电路的引脚号。

（2）识读典型功放电路中集成电路的电路标识

典型功放电路中集成电路的电路标识如图 2-40 所示。

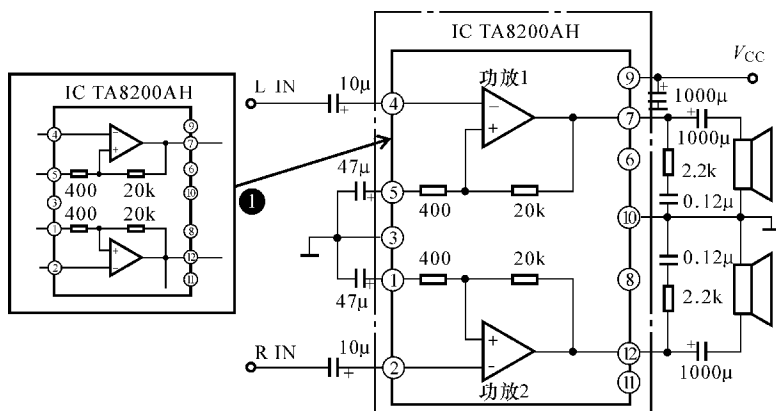


图 2-40 典型功放电路中集成电路的电路标识

带圈码的矩形框表示该集成电路的图形符号，相当于该集成电路的外形简化图，“IC”表示该集成电路在电路中的名称，“TA8200AH”表示该集成电路的型号，图形符号内部的元器件及连接线表示了该集成电路的内部结构。

从简单电路入手搞清电路识读的方法



现在,开始进入第3章的学习。本章,我们主要学习简单电路的识读方法。简单电路是构成电子电路的基本元素之一,下面我们就先对简单电路的识读进行学习,初步建立电子电路的基本概念,了解基本电路的结构形式及功能,能够对基本电路进行分析,从而为进一步识读各种复杂电路打下基础。

3.1 由电阻器“构建”的电路要如何识读



电阻器是最常见的电子元器件,是构成简单电路的元件之一。在实际电子电路中,需要根据具体情况把负载按适当的方式连接起来,以达到合理利用电源供电的目的,而由电阻器“构建”的电路,可以看成是最基本的负载连接方式。常见的电阻器“构建”电路主要有串联、并联和串并联三种。

3.1.1 电阻器串联电路要如何识读



通常,我们把两个或两个以上的电子元器件依次首尾相接所组成的电路称为串联电路,而电阻器串联电路是电子电路中最简单的电路单元,下面我们就先学习一下电阻器串联电路的特征,然后再对电阻器串联电路进行识读。

1. 电阻器串联电路的特征

电阻器串联电路是指将两个以上的电阻器依次首尾相接,组成中间无分支的电路,如图3-1所示。

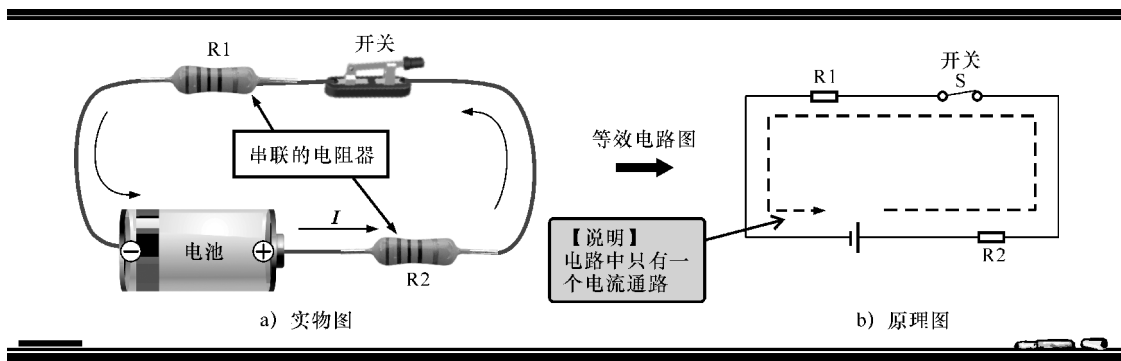


图3-1 电阻器串联电路

在电阻器串联电路中,只有一条电流通路,即流过电阻器的电电流都是相等的,这些电阻器的电阻值相加就是该电路中的总电阻值,每个电阻器上的电压根据相应电阻值的大小,按比例



进行分配，如图 3-2 所示。

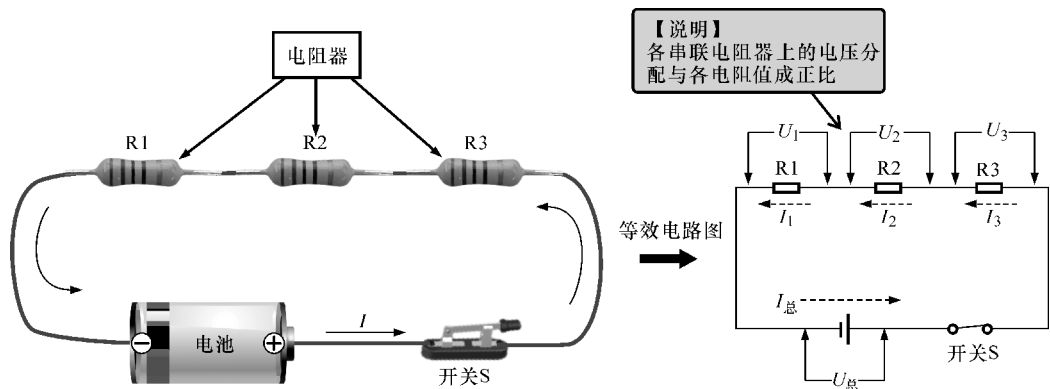


图 3-2 每个电阻器上的电压根据相应电阻值的大小，按比例进行分配

由图可知， $U_{\text{总}} = U_1 + U_2 + U_3$ ， $R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3$ ， $I_{\text{总}} = I_1 = I_2 = I_3$ ；
(R_1 、 R_2 、 R_3 分别为电阻器 R1、R2、R3 对应的电阻值，全书类似。)

电路中各串联电阻器上的电压分配，与各电阻器的电阻值成正比，证明如下：

电路中 $U_1 = I_1 R_1 = I_{\text{总}} R_1$ ，因为 $I_{\text{总}} = \frac{U_{\text{总}}}{R_1 + R_2 + R_3}$ ，所以有 $U_1 = U_{\text{总}} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3}$ ；

同理可得 $U_2 = U_{\text{总}} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$ ， $U_3 = U_{\text{总}} \times \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$ 。

从上述公式可以看出，电阻器串联电路中，某个电阻器的电阻值越大，该电阻器两端的电压就越高。通过电阻器串联电路的特性，我们可以调整串联电阻器数量或改变串联电阻器电阻值的方式对电路进行调整，以实现相应的功能。



【注意】

欧姆定律表示了电压 (U) 与电流 (I) 及电阻 (R) 之间的关系。欧姆定律可定义如下：电路中的电流 (I) 与电路中的电压 (U) 成正比，与电阻 (R) 成反比，即 $I = U/R$ 。根据上述对电阻器串联电路特点的分析 and 介绍可以了解到，电阻器串联电路具有限流和分压的作用。

电路中电压的单位为 V (伏)，其进制关系为：1V = 10^3 mV (毫伏) = 10^6 μ V (微伏)。

电路中电流的单位为 A (安)，其进制关系为：1A = 10^3 mA (毫安) = 10^6 μ A (微安)。

电路中电阻的单位为 Ω (欧)，其进制关系为：1M Ω = 10^3 k Ω = 10^6 Ω 。

图 3-3 所示为电阻器串联电路的实际应用。图 a 为一只发光二极管工作在 9V 电压下的状态，已知该发光二极管的额定电流为 $I_{\text{额}} = 0.3\text{mA}$ ，可以算出，该电路电流为 0.45mA，超过了发光二极管的额定电流，当开关接通后，会烧坏发光二极管；图 b 为其串联一个电阻器后的工作状态，图 b 中电阻器和二极管串联后，电路总电阻值为 30 k Ω ，电路电压不变，电路电流降为 0.3mA，发光二极管可正常工作。

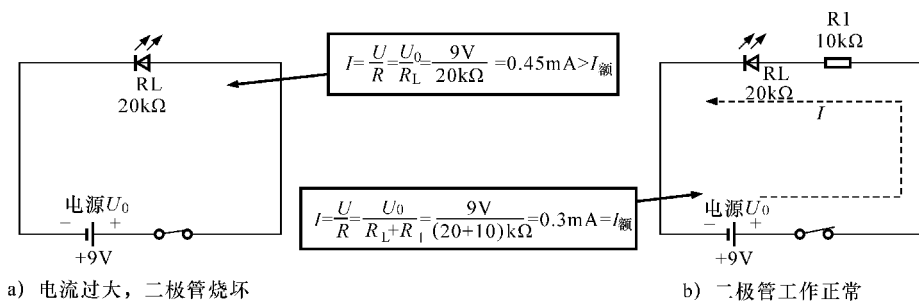


图 3-3 电阻器串联电路的实际应用

2. 电阻器串联电路的识读

根据上述内容我们了解到,电阻器串联电路是电子电路中的一个基本构成单元,因此进行识读时,可首先在电路中找到该基本电路,然后根据该电路的功能来掌握其在整个电路中的作用,这对整体识读电子电路有至关重要的作用。下面我们就结合一些电子电路来介绍一下电阻器串联电路的识读方法。

(1) 音频放大电路中的电阻器串联电路

音频放大电路主要功能就是放大音频信号,图 3-4 所示为典型音频放大电路的识读分析。根据串联电阻器电路的特点可以了解到,直流 15V 电压经串联电阻器 R_3 和 R_1 分压后为晶体管 VT2 基极提供直流电压。

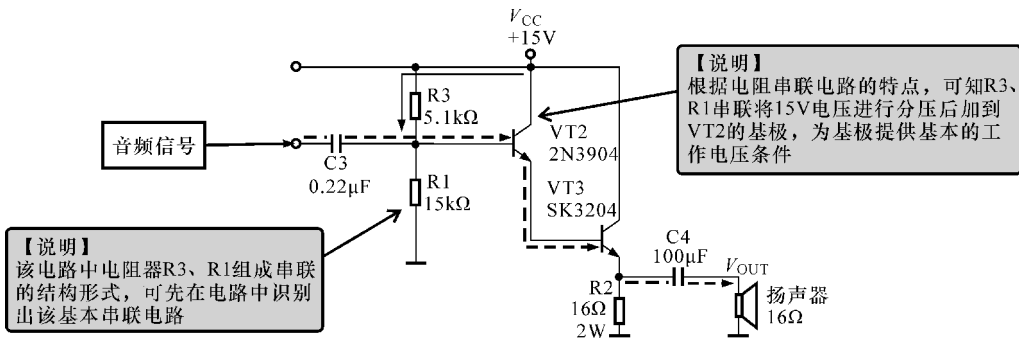


图 3-4 典型音频放大电路的识读分析

15V 直流电压直接加到晶体管 VT_2 和 TV_3 的集电极,为晶体管提供集电极偏压。此时,来自前级电路中的音频信号经耦合电容 C_3 加到晶体管 VT_2 基极,经其放大后由发射极输出,再经晶体管 VT_3 放大后,经电容器 C_4 耦合到扬声器上,驱动扬声器发出声音。

(2) 小功率可变直流稳压电源电路中的电阻器串联电路

小功率可变直流稳压电路的主要功能是将 220V 交流电压变为多路直流电压,为后级电路进行供电。图 3-5 所示为典型小功率可变直流稳压电源电路。首先对其中的电阻器串联电路进行识读,由八个电阻器组成的串联电路可实现分压功能,在该部分设有六个输出点,当开关设在不同的输出点上时,可以设定六组不同的电压数值,进而实现输出直流电压可变的功

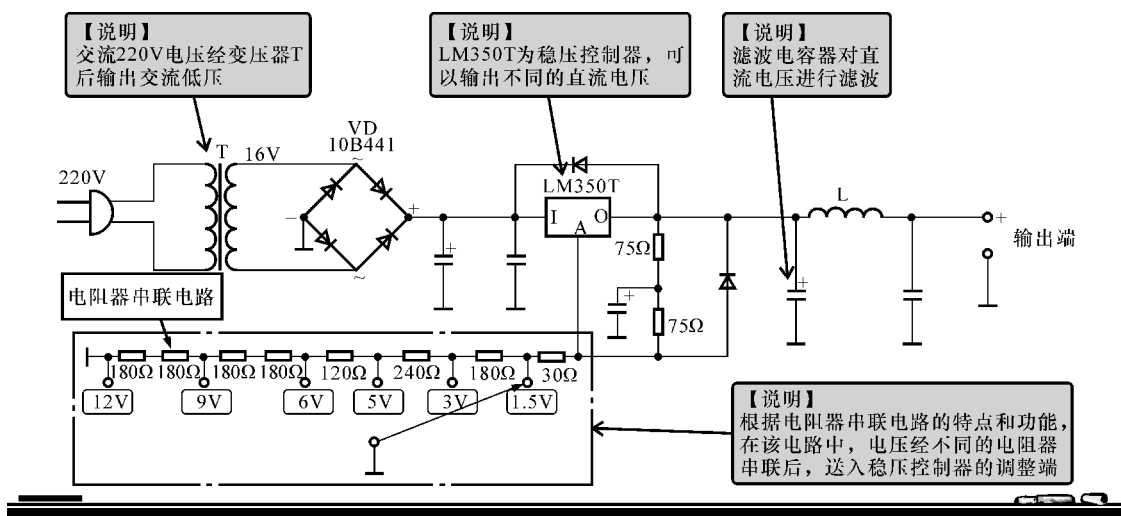


图 3-5 典型小功率可变直流稳压电源电路

当开关设在 30Ω 电阻器左侧输出点时，相当于将一个 30Ω 的电阻器接在稳压器调整端，其他七只电阻器被短路，稳压器输出端输出 1.5V 电压；当开关打在相邻 180Ω 电阻器左侧输出点时，相当于将一个 30Ω 和一个 180Ω 的电阻器串联后接在稳压器调整端，其他六只电阻器被短路，稳压器输出端输出 3V 电压。以此类推，当开关置于不同的输出端上时，可控制稳压器 LM350T 输出 1.5V 、 3V 、 5V 、 6V 、 9V 、 12V 共六种电压值。

3.1.2 电阻器并联电路要如何识读



通常，我们把两个或两个以上的电子器件按首首和尾尾方式连接起来的电路称为并联电路，而电阻器并联电路是电子电路中最简单的电路单元。下面我们就先学习一下电阻器并联电路的特征，然后再对电阻器并联电路进行识读。

1. 电阻器并联电路的特征

将两个或两个以上的电阻器按首首和尾尾方式连接起来，并接在电路的两点之间，这种电路称为电阻器并联电路，如图 3-6 所示。

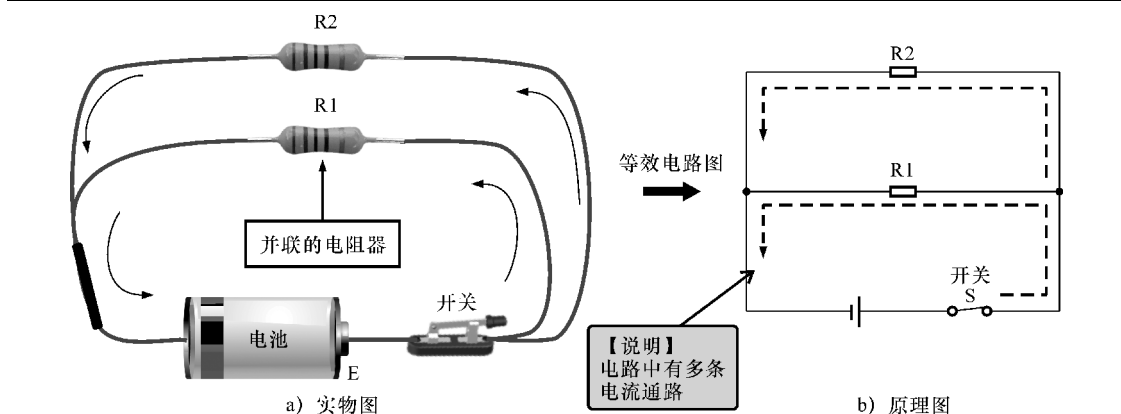


图 3-6 电阻器并联电路



在电阻器并联电路中,各并联电阻器两端的电压都相等,电路中的总电流等于各分支的电流之和,且电路中的总电阻值的倒数等于各并联电阻器电阻值的倒数和,如图3-7所示。

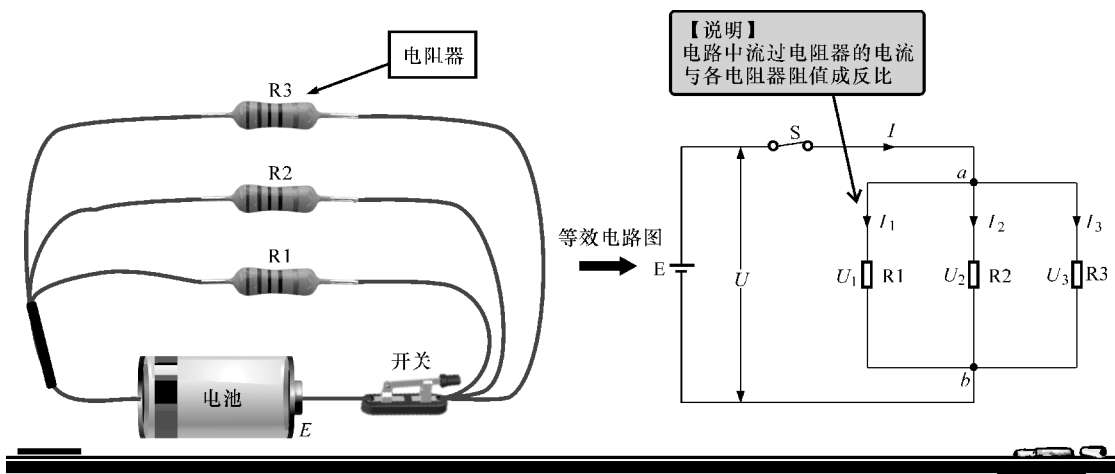


图3-7 电阻器并联电路中的参数

设电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 的阻值分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 , 则由图可知, 在电阻器并联电路中:

① 各并联电阻器两端的电压相等, 即

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

因为各电阻器两端分别接在电路的 a 与 b 点之间, 所以各电阻器两端电压都与电路总电压相等。

② 电路的总电流等于各分支的电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

根据电流连续性原理, 流入点 a 的电流 I , 应等于 b 点流出的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 之和。

③ 电路总电阻值的倒数, 等于各并联电阻器电阻值的倒数和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

④ 电路中流过各电阻器的电流, 与各电阻器电阻值成反比。图中可见

$$I_1 R_1 = U_1 = U, I_2 R_2 = U_2 = U, I_3 R_3 = U_3 = U$$

所以 $I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$, 由此可得:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

这说明在电阻器并联电路中, 某个电阻器的电阻值越小, 流过该电阻器的电流就越大。



【资料】

电阻器并联电路的主要作用是进行分流。当几个电阻器并联到一个电源电压两端时, 通过每个电阻器的电流和它们的电阻值成反比。在同一个并联电路中, 电阻值越小, 流过的电流越大; 相同电阻值的电阻器, 流过的电流相等。

电阻器并联电路的实际应用如图3-8所示。电路中直流电动机的额定电压为6V, 额定电流100mA, 电动机的内阻 R_M 为 60Ω 。由图a可知, 当把一个 60Ω 的电阻器 R_1 与之串联接到10V电源两端后, 根据欧姆定律计算得电流约为83mA, 达不到电动机的额定电流。

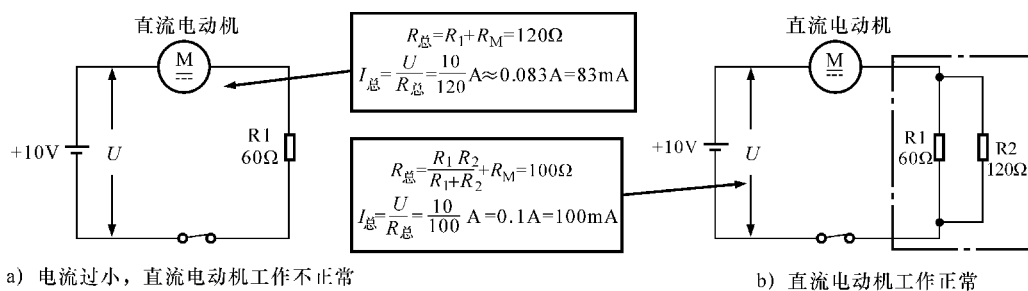


图 3-8 电阻器并联电路的实际应用

在没有电阻值更小的电阻器的情况下，由图 b 可知，将一个 120Ω 的电阻器 R_2 并联在 R_1 上，根据并联电路总电阻值计算公式可得：

$$\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

电路总电阻值为

$$R_{\text{总}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_M = \left(\frac{60 \times 120}{60 + 120} + 60 \right) \Omega = 100\Omega$$

则电路中的电流为 $I_{\text{总}} = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{10\text{V}}{100\Omega} = 100\text{mA}$ ，即达到了直流电动机的额定电流，电动机可正常工作。

2. 电阻器并联电路的识读

根据上述内容我们了解到，电阻器并联电路是电子电路中的一个基本构成单元，因此进行识读时，可首先在电路中找到该基本电路，然后根据该电路的功能来掌握其在整个电路中的作用，这对整体识读电子电路有至关重要的作用。下面，我们以简单的彩色照明灯电路为例，来介绍一下电阻器并联电路的识读方法。

图 3-9 所示为彩色照明灯电路。由图可知，电阻器 R_1 (45Ω) 和 R_2 (30Ω) 并联使用，组成分流电路。

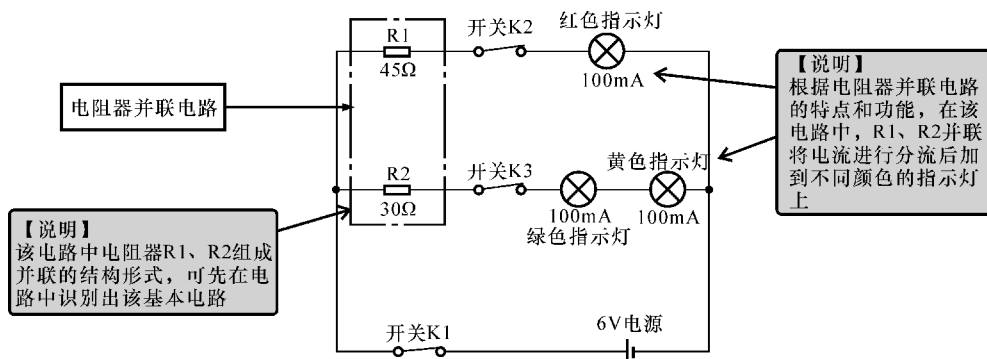


图 3-9 彩色照明灯电路

6V 直流电压经总开关 K_1 后，再经电阻器并联电路为不同颜色的指示灯供电，其中红色指示



灯与 R_1 串联，当开关 K_2 接通时，该指示灯发光；绿色和黄色指示灯与电阻器 R_2 串联，当开关 K_3 接通时，绿色和黄色指示灯发光。

3.1.3 电阻器串并联电路要如何识读



在一个电路中，既有电阻器串联又有电阻器并联的电路，称为电阻器串并联电路，又称混联电路，该电路同时具备电阻器串联和并联的特点。下面我们就来对电阻器串并联电路的识读进行学习。

电阻器串并联电路的形式很多，应用广泛。图 3-10 所示为几种电阻器串并联电路的样式。

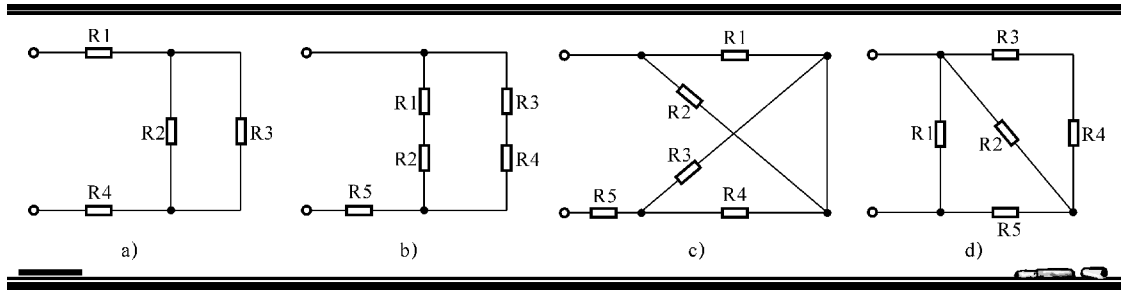


图 3-10 几种电阻器串并联电路的样式

分析这些电路时应先对电路结构进行简化。首先计算出并联部分的总电阻值，然后将并联部分的电阻值加上串联部分的电阻值，就得到了这个串并联电路的总电阻值，进而其他部分参数也都可以计算出来了。

图 3-11 所示为电阻器串并联电路的典型应用。在该电路中，电阻器 R_3 、 R_2 并联后与 R_1 串联， R_1 对线路进行限流，保证直流电动机的正常运转； R_2 和 R_3 对线路进行分流，降低 R_3 支路的电流，保证发光二极管能够正常点亮。

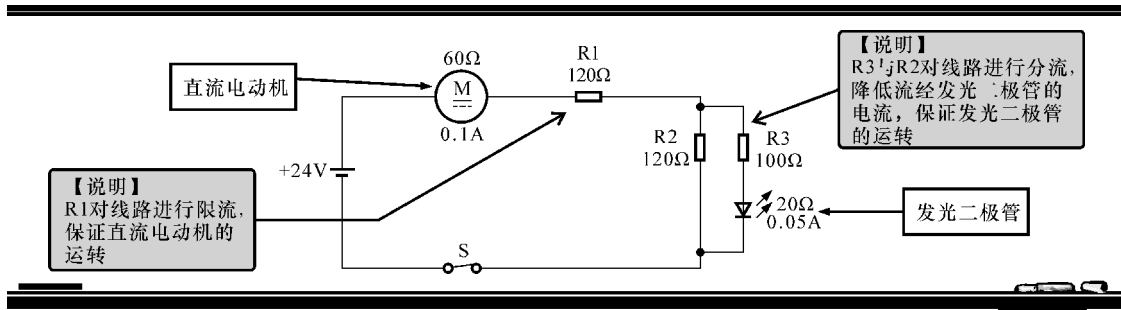


图 3-11 电阻器串并联电路的典型应用

3.2 由电容器“构建”的电路要如何识读



电容器是组成电子电路的基本元器件之一，在实际电子电路中，比较常见的是电容器“构建”的串联电路，由电容器“构建”的串联电路可以对交流电压进行分压。



3.2.1 电容器“构建”的电路有什么特征



通常，我们把两个以上的电容器依次首尾相接所组成的中间无分支的电路称为电容器串联电路。下面我们就先学习一下电容器串联电路的特征，然后再对电容器串联电路进行识读。

图 3-12 所示为电容器串联电路的结构。电容器串联电路中通过的每个电容器的电流都相同。同时，在电路中仅有一个电流通路。

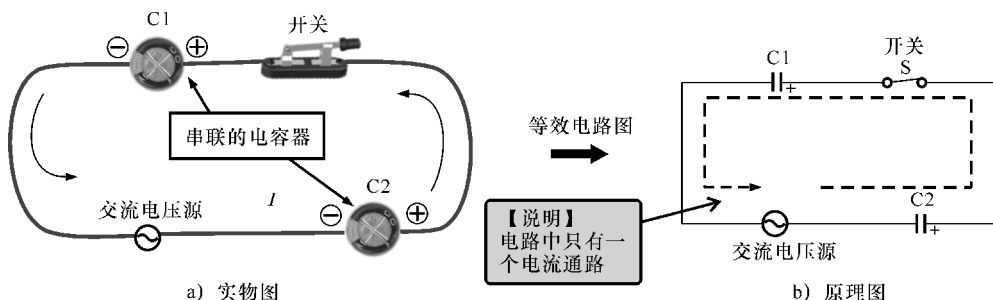


图 3-12 电容器串联电路的结构

将多个电容器串联，可以使电路中电容器耐压值升高，如图 3-13 所示。与电阻器的串联计算公式相反，当多个电容器串联时，总电容量的倒数等于各电容器电容量的倒数之和。如两个电容器串联，则有

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

(C_1 、 C_2 分别为电容器 C_1 、 C_2 的电容量，全书类似。)

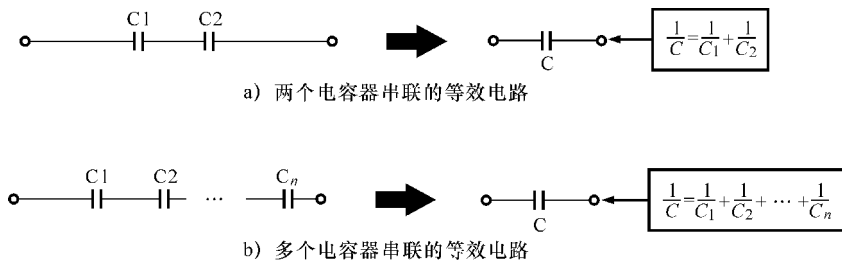


图 3-13 将多个电容器串联，可以使电路中电容器耐压值升高

当外加电压 U 加到串联电容器两端时，如图 3-14 所示，串联电容器的两个极板由于静电感应而产生感应电荷，感应电荷的大小与两端极板上的电荷量相等，均为 q ，已知电荷量的公式为

$$q = CU$$

则有

$$q = C_1 U_1 = C_2 U_2 = C_3 U_3$$

每个电容器所带的电荷量为 q ，因此电容器串联电路中的总电荷量也为 q 。由串联电路的总电压公式，可知电容器串联时的总电压为



$$U = U_1 + U_2 + U_3 = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3} = q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

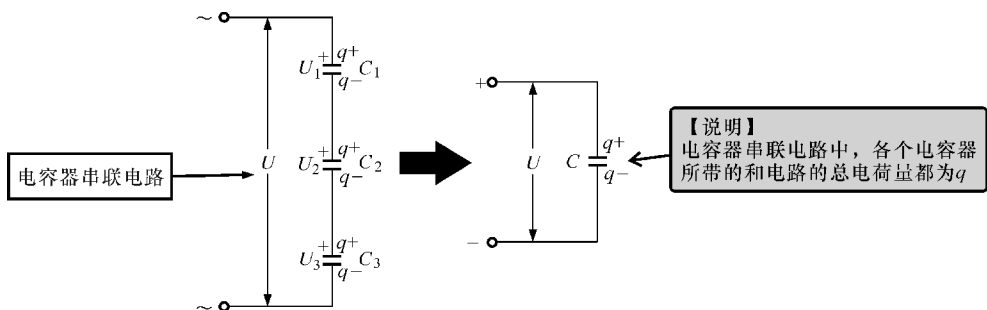


图 3-14 电容器串联电路的参数

59

由上述公式可知，串联电容器上的电压之和等于总输入电压，因而该串联电路具有分压功能。

【注意】



有极性电解电容器串联时，若将电容器的两个正极相连，进行逆串联，如图 3-15 所示，则连接后的总电容量是两个电容器平均容量的 1/2，得到的是一个无极性的电解电容器。

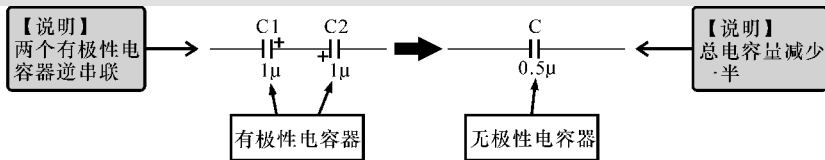


图 3-15 有极性电容器的逆串联

3.2.2 轻松识读电容器“构建”的电路



根据上述内容我们了解到，电容器串联电路是电子电路中的一个基本构成单元，因此进行识读时，可首先在电路中找到该基本电路，然后根据该电路的功能来掌握其在整个电路中的作用，这对整体识读电子电路有至关重要的作用。

由于电容器自身具有通交流隔直流的作用，因此分析直流供电部分时，可将电容器的部分视为线路断路；只有对交流信号的传输过程做分析时才考虑该元件。

图 3-16 所示为典型的电容器串联分压电路，在该电路中，C1 与 C2 和电阻器 R1 串联组成分压电路，相当于变压器的作用，有效减小了实物电路的体积。

通过改变 R_1 的大小，还可以改变电容器分压电路中电压降的大小，进而可以改变输出的直流电压值，这种电路体积小、结构简单，但稳定性能差。

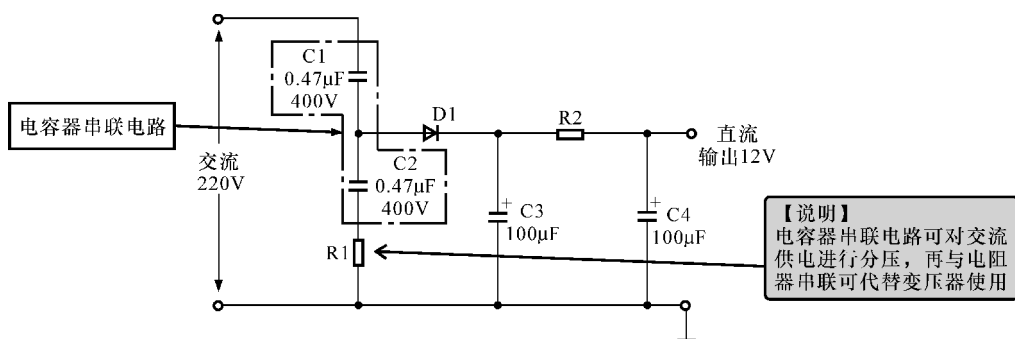


图 3-16 典型的电容器串联分压电路

3.3 由电阻器和电容器联合“构建”的电路要如何识读



电阻器和电容器自身都能够“构建”串联和并联电路，并且电阻器也能联合电容器“构建”电路，这种电路通常称为 RC 电路。下面我们就先从电阻器和电容器联合“构建”的电路特征入手，学习该电路的结构特点，然后再学习 RC 电路的识读方法。

3.3.1 电阻器和电容器联合“构建”的电路有什么特征



RC 电路（电阻器和电容器联合“构建”的电路）是一种由电阻器和电容器按照一定方式连接并与交流电源组合的一种简单功能电路。下面我们先来了解一下 RC 电路的结构形式，接下来再结合具体的电路单元弄清楚该电路的功能特点。

根据不同的应用场合和功能，RC 电路通常有两种结构形式：一种是 RC 串联电路，另一种是 RC 并联电路，如图 3-17 所示。

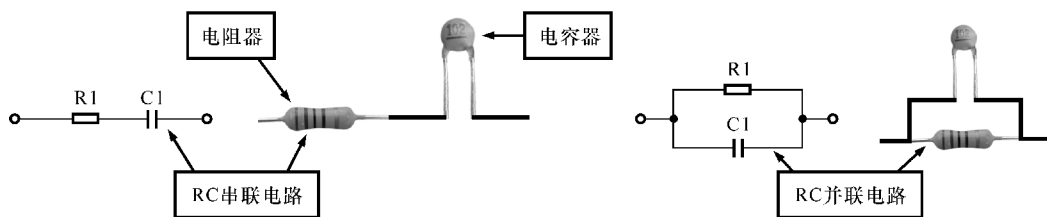


图 3-17 RC 电路的结构形式

1. RC 串联电路的特征

电阻器和电容器串联连接后“构建”的电路称为 RC 串联电路，该电路多与交流电源连接，如图 3-18 所示。

在 RC 串联电路中的电流引起了电容器和电阻器上的电压降，这些电压降与电路电流及各自的电阻值或容抗值成比例。电阻器电压 U_R 和电容器电压 U_C 用欧姆定律可表示为

$$U_R = I \times R, U_C = I \times X_C \quad (X_C \text{ 为容抗})$$

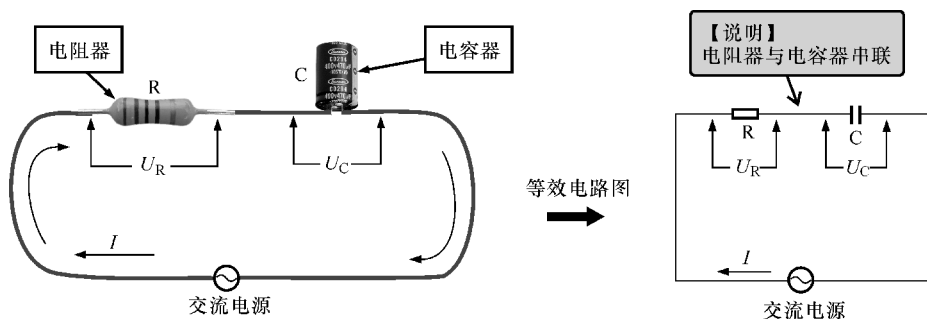


图 3-18 RC 串联电路



【注意】

在纯电容电路中，电压和电流相互之间的相位差为 90° ；在纯电阻电路中，电压和电流的相位相同；在同时包含电阻和电容的电路中，电压和电流之间的相位差在 0 和 90° 之间。

当 RC 串联电路连接于一个交流电源时，电压和电流的相位差在 $0 \sim 90^\circ$ 之间。相位差的大小取决于电阻和电容的比例，相位差均用角度表示。

2. RC 并联电路的特征

电阻器和电容器并联连接于交流电源的组合称为 RC 并联电路，如图 3-19 所示。与所有并联电路相似，在 RC 并联电路中，电压 U 直接加在各个支路上，因此各支路的电压相等，都等于电源电压，即 $U = U_R = U_C$ ，并且三者之间的相位相同。

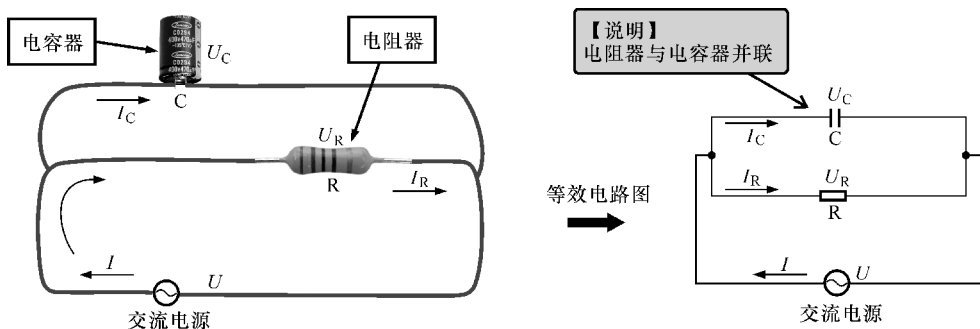
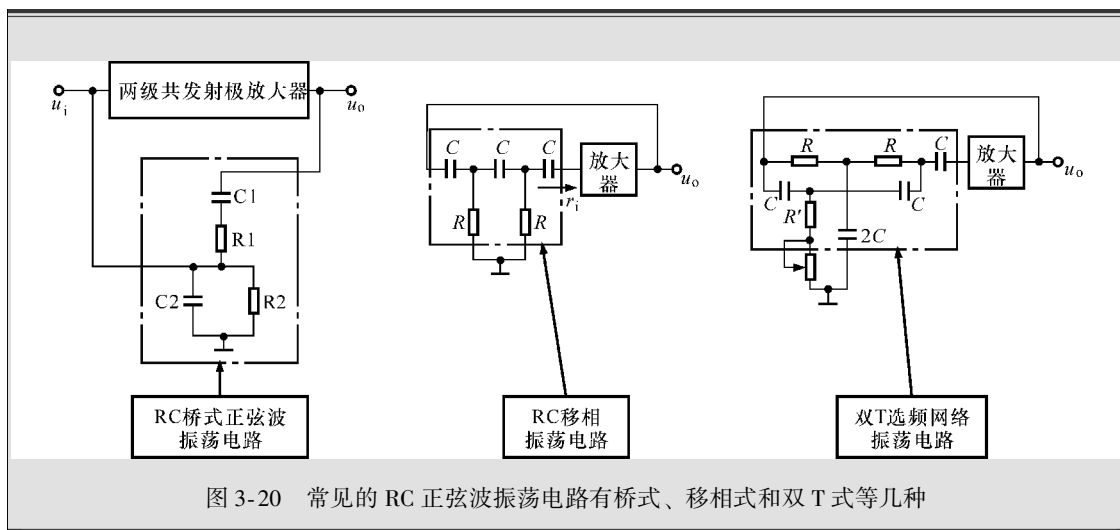


图 3-19 RC 并联电路



【资料】

电阻器和电容器除构成简单的串并联电路外，还构成一种常见的 RC 正弦波振荡电路，该电路是利用电阻器和电容器的充放电特性构成的。 R 、 C 的值选定后，它们的充放电时间（周期）就固定为一个常数，也就是说有一个固定的谐振频率，一般用来产生频率在 200kHz 以下的低频正弦信号。常见的 RC 正弦波振荡电路有桥式、移相式和双 T 式等几种，如图 3-20 所示。其中 RC 桥式正弦波振荡电路应用最为广泛。



3.3.2 轻松识读电阻器和电容器联合“构建”的电路



RC 电路是构成电子电路的重要功能电路之一，该电路主要起到振荡和滤波的作用。下面，我们根据其这一特点，结合一些电子电路来介绍一下电阻器和电容器联合“构建”的 RC 电路的识读方法。

1. LED 显示电路中的 RC 电路

图 3-21 所示为简单的 LED 显示电路，由图可知，该电路主要是由变压器 T、二极管 VD、电容器 C1 和 C2、电阻器 R 以及发光二极管构成的，LED 显示电路通过交流电源或直流电源为发光二极管 LED 进行供电，从而使之发光。

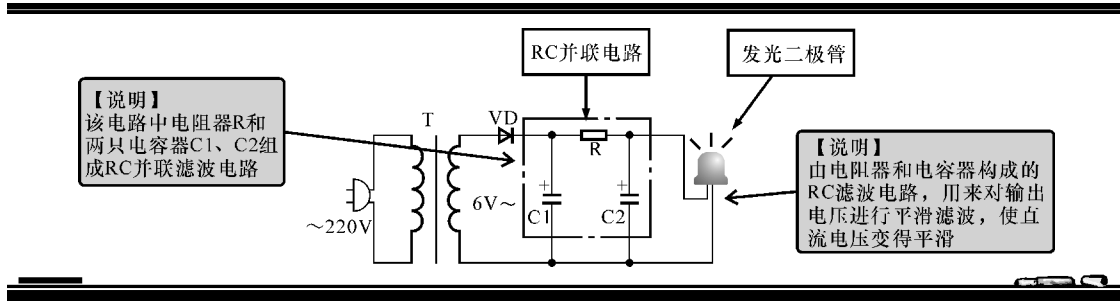


图 3-21 简单的 LED 显示电路

在对该电路进行识读时，可先在电路中识读出基本的 RC 电路单元：电阻器 R 和电容器 C1、C2 组成 RC 并联电路。

交流 220V 电压经变压器后变成 6V 交流电压，再经整流二极管整流成直流电压，该直流电压波动较大。在整流二极管 VD 的输出端接上由电阻器和两个电解电容器构成的 RC 并联电路，就可以起到较好的滤波作用，使直流电压的波动减小。

2. 直流稳压电源电路中的 RC 电路

直流稳压电源电路主要用来将交流 220V 电压转变为直流电压，为电子产品进行供电。图 3-22 所示为简单的直流稳压电源电路，由图可知，该电路主要是由变压器 T、桥式整流堆 VD1 ~ VD4、电阻器 R1 和 R2、电容器 C1 和 C2 等部分构成的。



其中, 变压器 T 为降压变压器, 将交流 220V 变为交流 8V 电压; 电阻器与电容器构成了 RC 滤波电路。

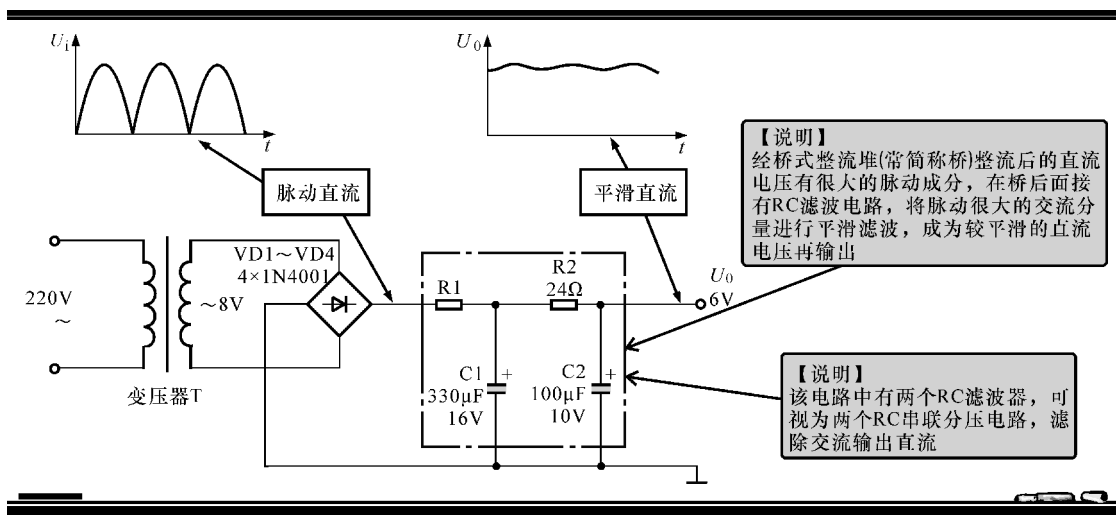


图 3-22 简单的直流稳压电源电路

在对该电路进行识读时, 可先在电路中识读出基本的 RC 电路: 电阻器 R1、R2 和电容器 C1、C2 组成两级基本的 RC 并联电路。交流 220V 变压器降压后输出 8V 交流低压, 经桥式整流堆整流后输出约 11V 直流电压, 该电压经两级 RC 电路滤波后, 输出较稳定的 6V 直流电压。

【注意】



交流电压经桥式整流堆整流后变为直流电压, 且一般满足 $U_{\text{直}} = \sqrt{2} \times U_{\text{交}}$ 。例如, 220V 交流电压经桥整流后输出约 300V 直流电压; 8V 交流电压经桥整流后输出约 11V 直流电压。

3.4 由电感器和电容器联合“构建”的电路要如何识读



电感器和电容器也能联合“构建”电路, 这种电路通常称为 LC 电路。下面我们就先从电感器和电容器联合“构建”的电路特征入手, 学习该电路的结构特点, 然后再学习 LC 电路的识读方法。

3.4.1 电感器和电容器联合“构建”的电路有什么特征



LC 电路是一种由电感器和电容器按照一定的方式进行连接的一种功能电路。下面我们先来了解一下 LC 电路的结构形式, 接下来再结合具体的电路单元弄清楚该电路的功能特点。

由电容器和电感器组成的串联或并联电路中, 感抗和容抗相等时, 电路成为谐振状态, 该电路称为 LC 谐振电路。LC 谐振电路又可分为 LC 串联谐振电路和 LC 并联谐振电路两种, 如图 3-23 所示。

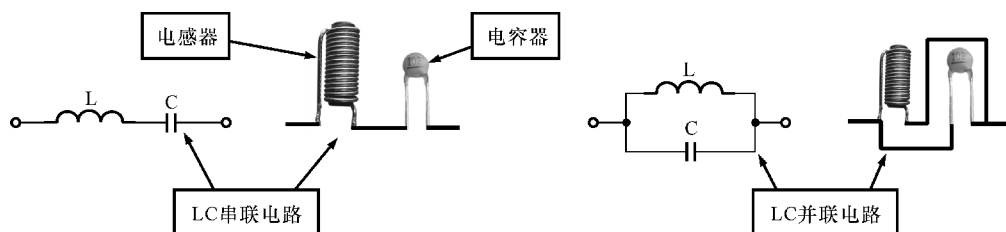


图 3-23 LC 谐振电路的结构形式

**【资料】**

在 LC 电路中，感抗和容抗相等时，对应的频率值称为谐振频率，如图 3-24 所示曲线的交点处频率。在接收广播电视信号或无线通信信号时，使接收电路的频率与所选择的广播电视台或无线电台发射的信号频率相同，就叫做调谐。

调谐就是通过调整电容的容抗，将谐振频率调节到想得到的频率值，也就是将接收频率调整到与电台发射频率相同，这样就可以欣赏或收听所选频道的节目了。

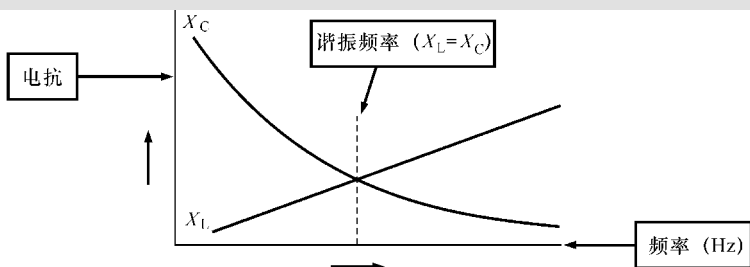


图 3-24 感抗和容抗曲线

1. LC 串联谐振电路的特点

LC 串联谐振电路，是指将电感器和电容器串联后形成的且为谐振状态（关系曲线具有相同的谐振点）的电路，如图 3-25 所示。在串联谐振电路中，当信号接近特定的频率时，电路中的电流达到最大，这个频率称为谐振频率。

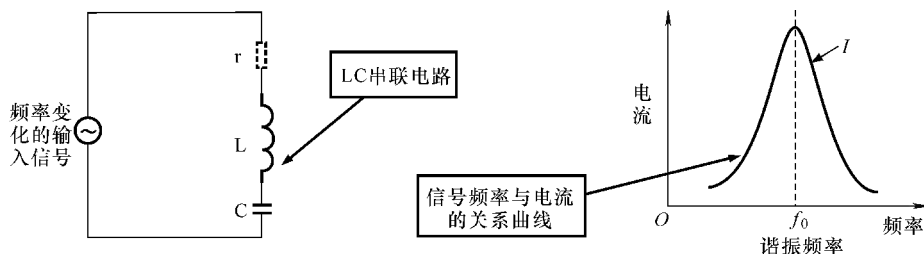


图 3-25 LC 串联谐振电路

图 3-26 为不同频率信号通过 LC 串联电路的效果示意图。由图可知，当输入信号经过 LC 串联电路时，根据电感器和电容器的特性，信号频率越高，电感器的阻抗越大，而电容器的阻抗越



小, 阻抗大则对信号的衰减大, 频率较高的信号通过电感器就会衰减很大, 而直流信号则无法通过电容器。当输入信号的频率等于 LC 谐振的频率时, LC 串联电路的阻抗最小, 此频率的信号很容易通过电容器和电感器输出。由此可以看出, LC 串联谐振电路可起到选频的作用。

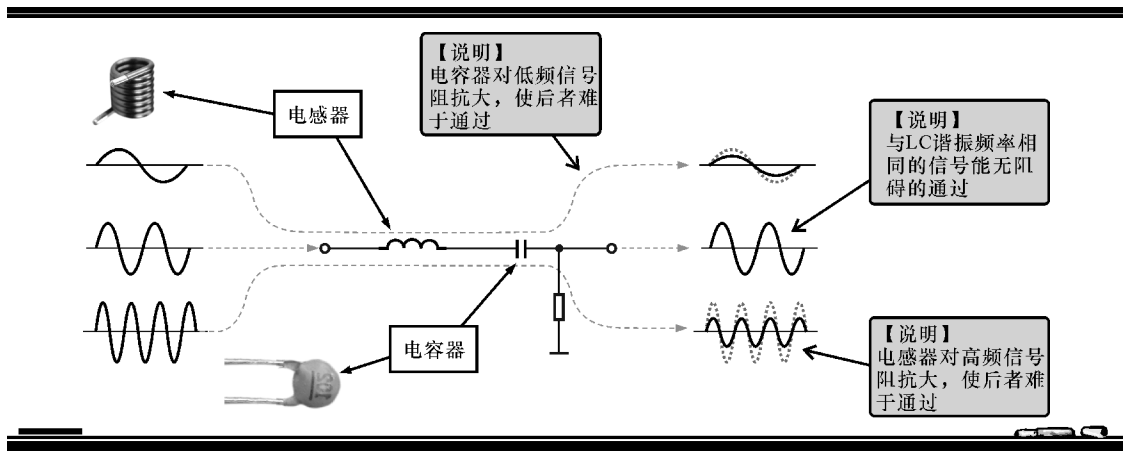


图 3-26 不同频率信号通过 LC 串联电路的效果示意图

2. LC 并联谐振电路的特点

LC 并联谐振电路, 是指将电感器和电容器并联后形成的且为谐振状态 (关系曲线具有相同的谐振点) 的电路, 如图 3-27 所示。在并联谐振电路中, 如果线圈中的电流与电容器中的电流相等, 则电路就达到了并联谐振状态。在该电路中, 除了 LC 并联部分以外, 其他部分的阻抗变化几乎对能量消耗没有影响, 因此, 这种电路的稳定性好, 比串联谐振电路应用得更多。

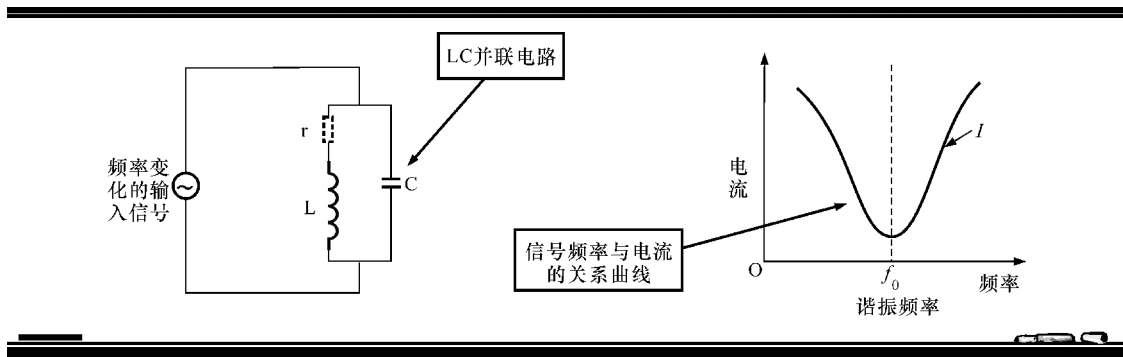


图 3-27 LC 并联谐振电路

图 3-28 所示为不同频率的信号通过 LC 并联谐振电路时的状态, 当输入信号经过 LC 并联谐振电路时, 同样根据电感器和电容器的阻抗特性, 较高频率的信号容易通过电容器到达输出端, 较低频率的信号则容易通过电感器到达输出端, 由于 LC 回路在谐振频率 f_0 处的阻抗最大, 因而谐振频率点的信号最难以通过 LC 并联的振荡电路。

表 3-1 所列分别为并联谐振电路和串联谐振电路的谐振特性。

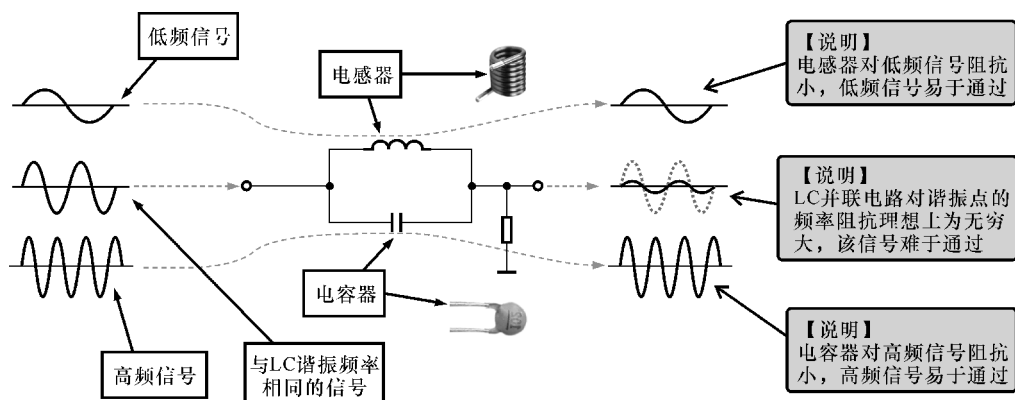


图 3-28 不同频率的信号通过 LC 并联谐振电路时的状态

表 3-1 并联谐振电路和串联谐振电路的谐振特性

参数	串连谐振电路	并联谐振电路
谐振频率 f_0/Hz	$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$
电路中的电流	最大	最小
L 和 C 上的电流	等于电源电流	L 和 C 中的电流反相、等值，大于电源电流，也大于非谐振状态的电流
L 和 C 上的电压	L 和 C 的两端电压反相、等值，一般比电源电压高一些	等于电源电压

3. RLC 电路的特点

RLC 电路是由电阻器、电感器和电容器构成的电路单元。由前文可知，在 LC 电路中，电感器和电容器都有一定的电阻值，如果电阻值相对于电感器的感抗或电容器的容抗很小时，往往会被忽略，而在某些高频电路中，电感器和电容器的电阻值相对较大，就不能忽略，原来的 LC 电路就变成了 RLC 电路，如图 3-29 所示。

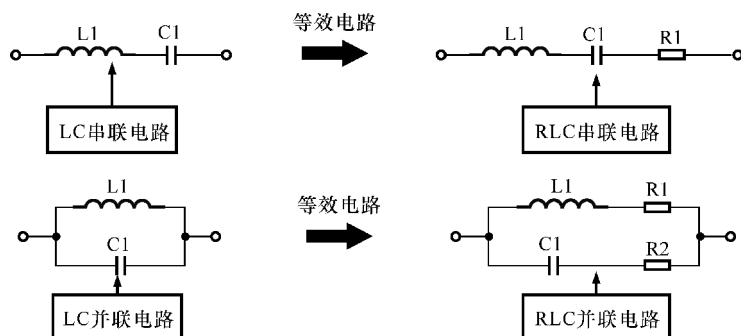


图 3-29 RLC 电路



【注意】

电感器的感抗是与传输的信号频率有关的，对低频信号，电感器的感抗较小，而对高频信号的感抗会变得很大。电容器的容抗变化规律与电感器相反，频率越高，其容抗越小。

LC 谐振电路的频率特性除与 LC 的值（感抗值和容抗值）有关外，还与 LC 元件自身的电阻值有关，电阻值越小，电路的损耗就越小，频谱曲线的宽度就越窄。当需要频率响应有一定的宽度时，就需要其中的电阻值大一些，电阻值成为调整频带宽度的重要因素。谐振电路中电阻值与频带宽度的关系如图 3-30 所示，这种情况下就需要考虑 LC 电路中的电阻值对电路的影响，有时还需要附加电阻。

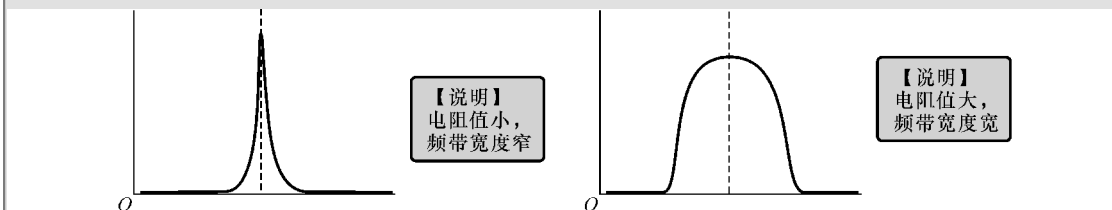


图 3-30 谐振电路中电阻值与频带宽度的关系

3.4.2 轻松识读电感器和电容器联合“构建”的电路



LC 电路是构成电子电路的重要功能电路之一，该电路主要是起到选频和滤波的作用。下面，我们根据这一特点，结合一些电子电路来介绍一下电阻器和电容器联合“构建”的 LC 电路的识读方法。

1. 袖珍式单波段收音机电路中的 LC 电路

袖珍式单波段收音机电路主要用来进行 FM 收音，可将天空中的调频播音信号进行选择，选出欲接收的频段，在进行处理后转换为声音信号。

图 3-31 所示为典型的袖珍式单波段收音机电路，由图可知，该电路主要是由天线、LC 并联谐振电路（L1、VC1）、场效应晶体管放大器以及后级电路等部分构成的。

在该电路进行识读时，先在电路中识读出基本的 LC 电路。从图 3-31 中可知，由天线感应的中波广播信号经电容 C1 耦合到电路中，经 LC 谐振电路选频后，将合适频率的信号送到场效应晶体管的栅极，放大后由漏极输出。

该电路中接收部分为高频信号的接收电路，一般可选用空气介质的单联可变电容器 VC1，VC1 为可调电容器，与电感器 L1 构成 LC 调谐选台电路，微调电容器（调台旋钮）即可选择不同频率的电台信号。

然后送到场效应管栅极，信号经放大后由漏极输出，然后经耦合电容 C2 送入检波电路，这时的信号放大后为高频载波信号，载波的包络信号就是所传输的声音信号。高频载波信号由二极管整流，信号经过 VD1 时只剩下正半周的部分。VD1 输出的信号送到电位器 VR 上，其高频信号通过 C5 短路到地，只有低频信号由电位器输出，即从高频载波上将音频信号（低频）检出来了。经放大电路 TA7368P 进行放大，再驱动扬声器发声或通过耳机输出。

2. 稳压电源电路中的 LC 电路

稳压电源电路是电子产品中比较常见的电路之一，其主要功能是将输入的交流电源经整流



和滤波后，变为可用的直流电源，为电子产品进行供电。

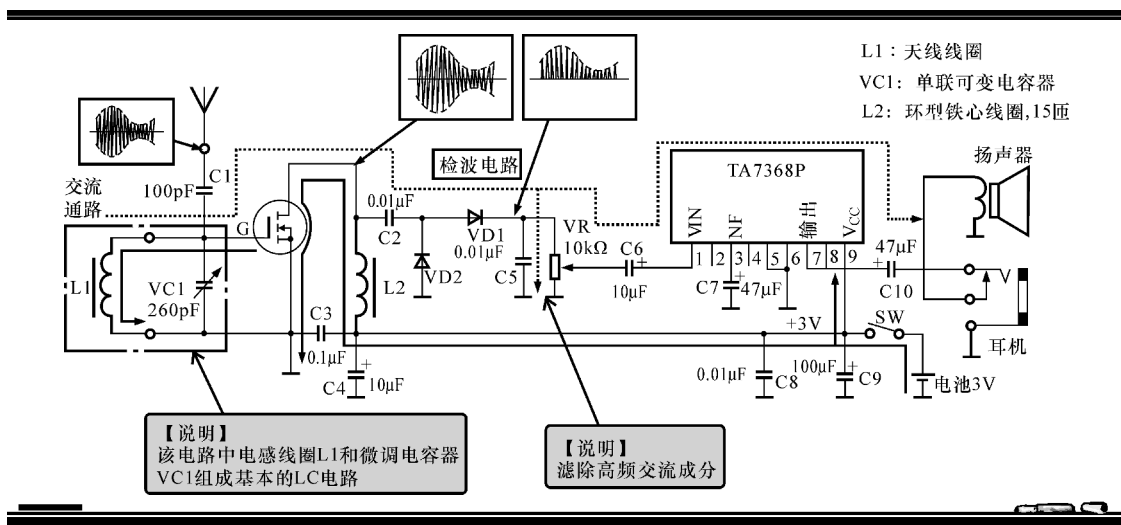
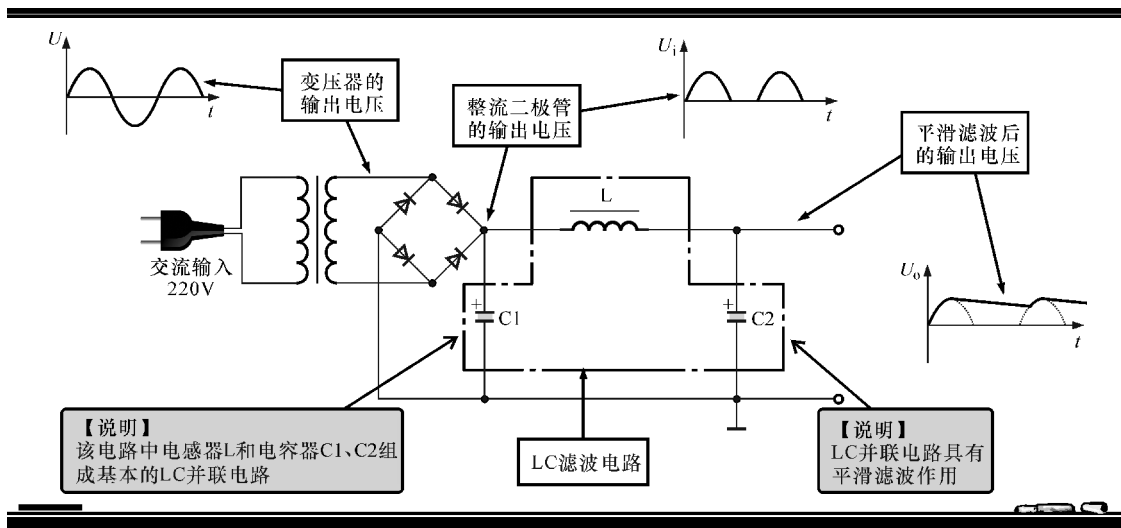


图 3-32 所示为简单的稳压电源电路，由图可知，该电路主要是由桥式整流堆、电容器 C1 和 C2 以及电感器 L 等构成的。



在对该电路进行识读时，首先在电路中识读出基本的并联电路单元：电感器 L 与电容器 C1、C2 组成的基本 LC 并联电路（又称为 π 型 LC 滤波器），它具有更强的平滑滤波效果，特别是对滤除高频噪声有更为优异的效果。交流 220V 经变压器和桥式整流堆后，整流二极管输出的脉动直流电压 U_i 中的直流成分可以通过 L，而交流成分绝大部分不能通过 L，被 C1、C2 旁路到地，输出电压 U_0 成为较纯净的直流电压。

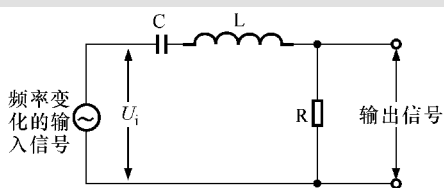


【注意】

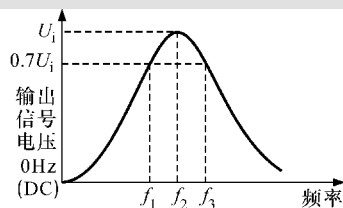
LC 构成的滤波器主要分为带通滤波器和陷波器两种。

带通滤波器允许两个限制频率之间所有频率的信号通过，而高于上限或低于下限的频率的信号将被阻止。

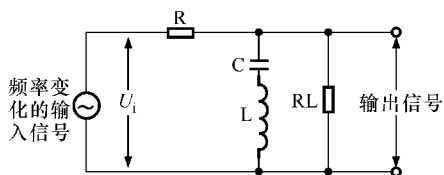
带阻滤波器（陷波器）阻止特定频率带的信号传输到负载。它滤除特定限制频率间的所有频率的信号，而高于上限或低于下限的频率将自由通过。带通滤波器和带阻滤波器的电路形式及频率响应曲线如图 3-33 所示。



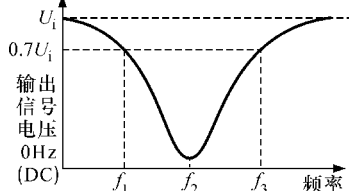
a) 带通滤波器



b) 带通滤波器的频率响应曲线



c) 带阻滤波器



d) 带阻滤波器的频率响应曲线

图 3-33 带通滤波器和带阻滤波器的电路形式及频率响应曲线

从基本放大电路入手积累电路识读的经验

70



现在,开始进入第4章的学习。本章,我们主要学习基本放大电路的识读方法。基本放大电路是电子电路中的基本单元电路,为了满足电路中不同元器件对信号幅度以及电流的要求,需要对电路中的信号、电流等进行放大,用来确保设备的正常工作。在这个过程中,完成对信号放大的电路称为放大电路,而基本放大电路的核心元器件为三极管。

三极管主要有 NPN 型和 PNP 型两种。由这两种三极管构成的基本放大电路各有三种,即共射极 (e) 放大电路、共集电极 (c) 放大电路和共基极 (b) 放大电路。下面我们就分别对这三种基本放大电路进行识读训练,使读者逐步积累电路识读经验。

4.1 共射极放大电路要如何识读



共射极放大电路是基本放大电路的一种,在电子电路中共射极放大电路常用作电压放大器,应用十分广泛。下面我们先从共射极放大电路的特征入手,在了解共射极放大电路结构、功能的基础上,学习共射极放大电路的识读方法。

4.1.1 看一看,共射极放大电路有什么特征



共射极放大电路是指将三极管的发射极 (e) 作为输入信号和输出信号的公共接地端的电路。它最大特色是具有较高的电压增益,但由于输出阻抗比较高,这种电路的带负载能力比较低,不能直接驱动扬声器等器件。

1. 共射极放大电路的结构

图 4-1 所示为典型共射极 (e) 放大电路的结构,该电路主要由三极管、电阻器和电容器构成。

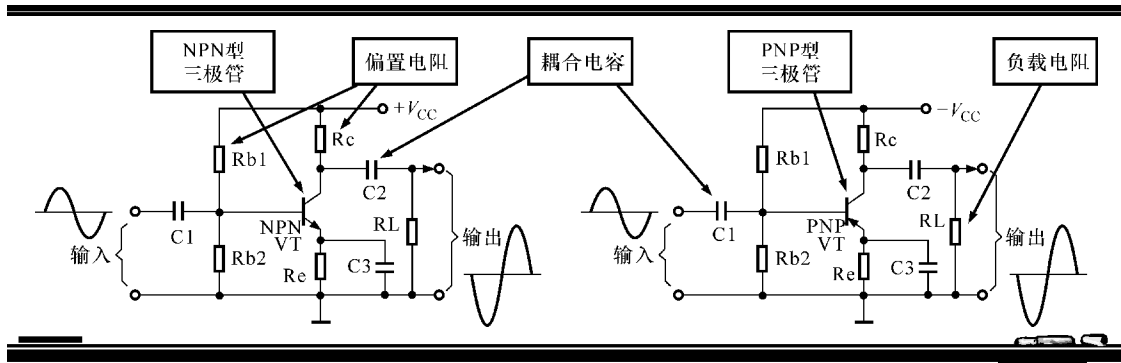


图 4-1 典型共射极 (e) 放大电路的结构



三极管 VT 是这一电路的核心部件，主要起到对信号放大的作用；电路中偏置电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 通过电源给 VT 基极 (b) 供电；电阻 R_c 则通过电源给 VT 集电极 (c) 供电；两个电容 C_1 、 C_2 都是起到通交流隔直流的作用；电阻 R_L 则是承载输出信号的负载电阻。

输入信号加到三极管基极 (b) 和发射极 (e) 之间，而输出信号取自三极管的集电极 (c) 和发射极 (e) 之间，由此可见发射极 (e) 为输入信号和输出信号的公共端，因而称之为共射极 (e) 放大电路。



【注意】

NPN 型与 PNP 型三极管放大器的最大不同之处在于供电电源：采用 NPN 型三极管的放大电路，供电电源是正电源，送入三极管的集电极 (c)；采用 PNP 型三极管的放大电路，供电电源是负电源，送入三极管的集电极 (c)。

提问

什么叫通交流隔直流？



电容器通交流是指交流电压信号可以通过电容器传输到下一级，隔直流是指直流电压信号不能通过电容器加到输出端或输入端。

回答

2. 共射极放大电路的功能

图 4-2 所示为典型三极管电压放大电路（共射极结构形式），其中三极管的发射极 (e) 接地，基极 (b) 输入信号，集电极 (c) 输出与输入信号反相的放大信号。

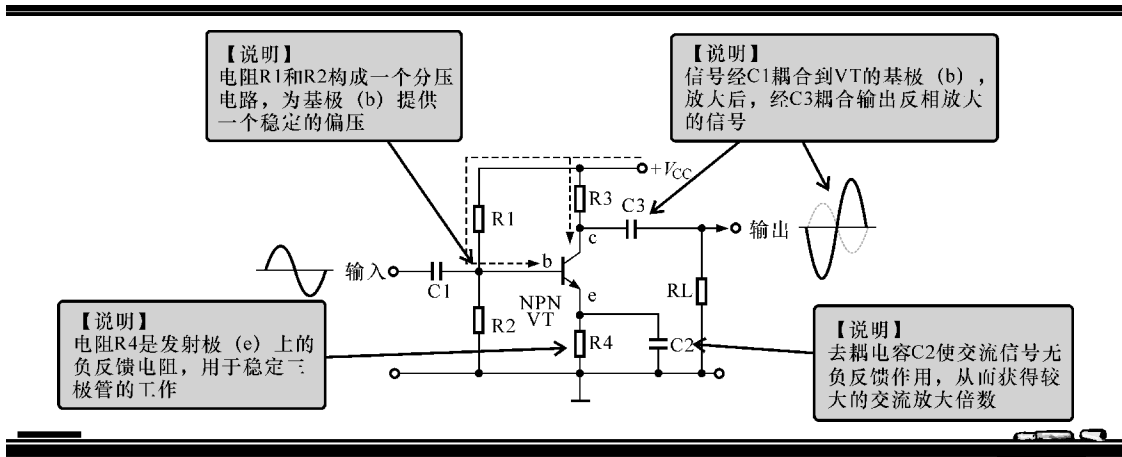


图 4-2 典型三极管电压放大电路（共射极结构形式）

如图 4-2 所示，三极管的每个电极处都有电阻为相应的电极提供偏压。其中 $+V_{cc}$ 是电源；电阻 R_1 和 R_2 构成一个分压电路，通过分压给基极 (b) 提供一个稳定的偏压；电阻 R_3 是集电极电阻，交流输出信号经电容 C_3 从负载电阻 R_L 上取得；电阻 R_4 是发射极 (e) 上的负反馈电阻，用于稳定三极管的工作，该电阻值越大，整个放大电路的放大倍数越小；电容 C_1 是输入耦合电容；电容 C_3 是输出耦合电容；与电阻 R_4 并联的电容 C_2 是去耦电容，相当于将发射极



(e) 交流短路, 使交流信号无负反馈作用, 从而获得较大的交流放大倍数。

共射极放大电路在工作时, 既有直流量又有交流分量, 为了便于分析, 一般将直流量和交流分量分开识读, 因此将放大电路划分为直流通路和交流通路。所谓直流通路, 是放大电路未加输入信号时, 放大电路在直流电源 V_{CC} 的作用下, 直流量所流过的路径。

(1) 直流通路

构造三极管共射极放大电路直流通路的方法如图 4-3 所示。由于电容对于直流电压可视为开路, 因此当集电极电压源确定为直流电压时, 可将放大电路中的电容省去, 如图所示。

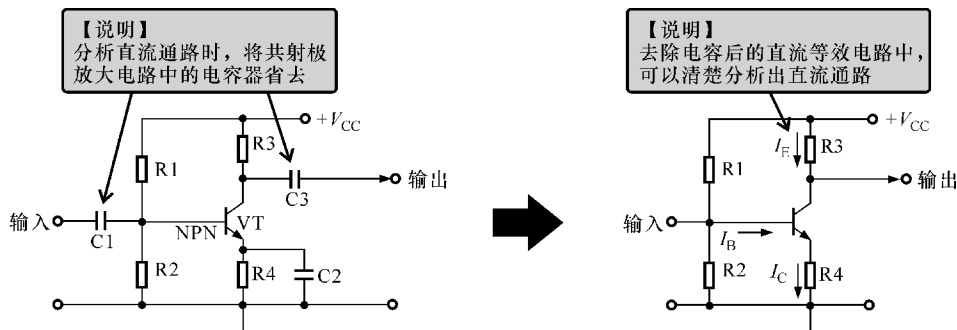


图 4-3 构造三极管共射极放大电路直流通路的方法

(2) 交流通路

构造三极管共射极放大电路交流通路的方法如图 4-4 所示。在交流电路分析中, 由于直流电源电压源的内阻很小, 对于交流信号来说相当于短路, 因而对于交流信号来说, 电源供电端和电源接地端可视为同一点 (电源端与地端短路), 如图所示。

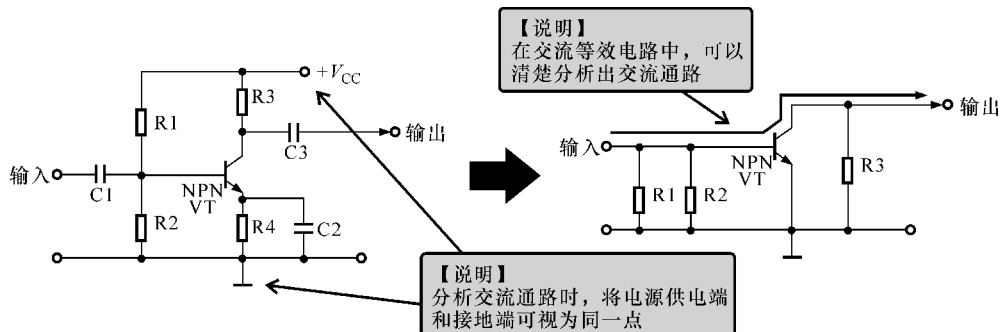
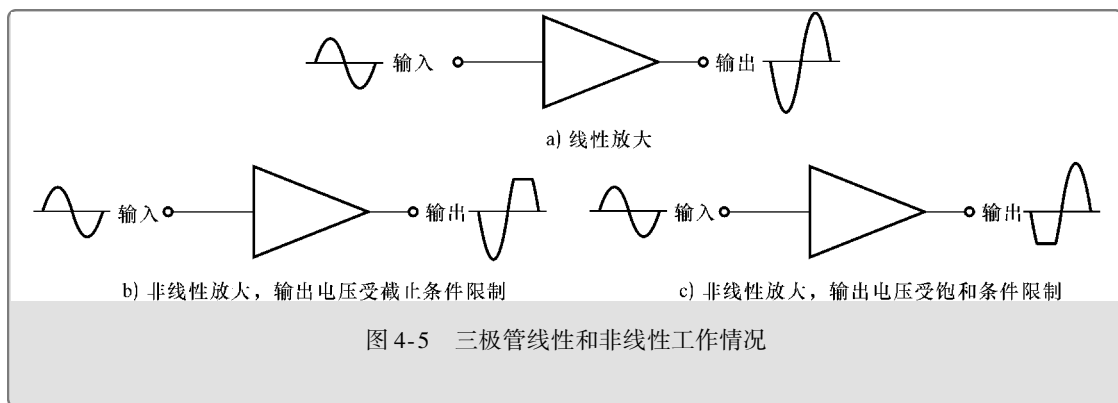


图 4-4 构造三极管共射极放大电路交流通路的方法



【注意】

通过设置偏压电阻, 改变放大电路中的偏压值, 可使三极管工作在放大区进行线性放大。线性放大就是成正比的放大, 信号不失真的放大。如果偏压失常, 三极管就不能进行线性放大或不能工作, 如图 4-5 所示。



4.1.2 练一练，轻松识读共射极放大电路



对于共射极放大电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍共射极放大电路识读方法。

1. 电容耦合多级放大电路的识读

图 4-6 所示为电容耦合多级放大电路，多级放大电路就是将两个及两个以上的三极管经过连接而成的放大电路，电容耦合是多级放大电路的一种形式。从图中可以看出，该电路主要由两个三极管以及一些相关的元件如电阻器、电容器等构成。

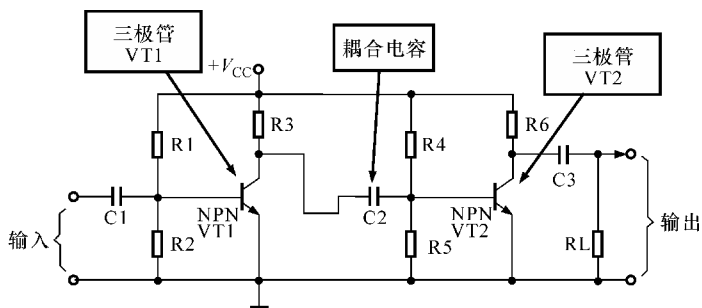


图 4-6 电容耦合多级放大电路

图 4-7 所示为电容耦合多级放大电路的识读分析过程。两个共射极（e）三极管以及耦合电容连接而成的电容耦合二级放大器，可以获得较高的放大倍数。前级共射极（e）三极管 VT1 的输出信号通过电容 C2 耦合到后级共射极（e）三极管的输入端。电容的耦合作用是通交流隔直流，使用电容耦合，可以防止某级放大器的直流偏压影响下一级的直流偏压，但是交流信号却能够直接通过耦合电容，送入下一级放大器。

2. 宽频带放大电路的识读

图 4-8 所示为 1~250MHz 宽频带放大电路，该电路是一种多级放大电路，其结构形式属于共射极放大电路。该电路主要是由三极管 VT1、VT2、VT3 以及相应的分压电阻、耦合电容等组成的。其中三极管 VT1、VT2 和 VT3 主要用来对输入的信号进行三级放大（VT1、VT2 为共射极放大，VT3 为射极跟随器），分压电阻主要用来为三极管提供工作电压，耦合电容可以将信号耦



合到下一级的三极管中。

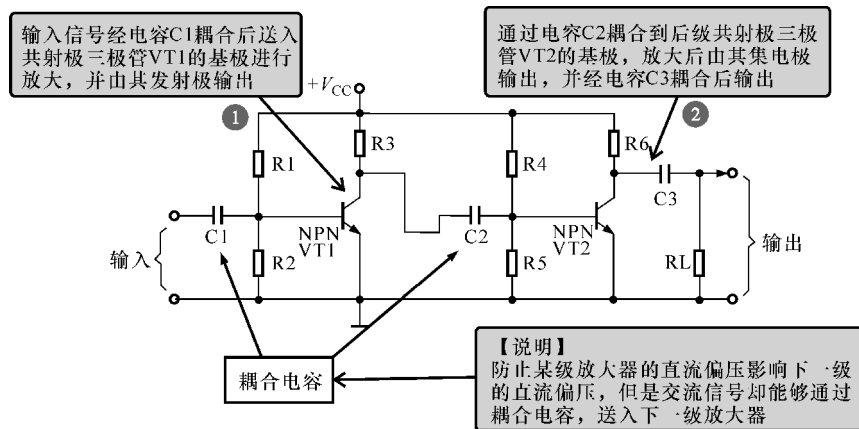


图 4-7 电容耦合多级放大电路的识读分析过程

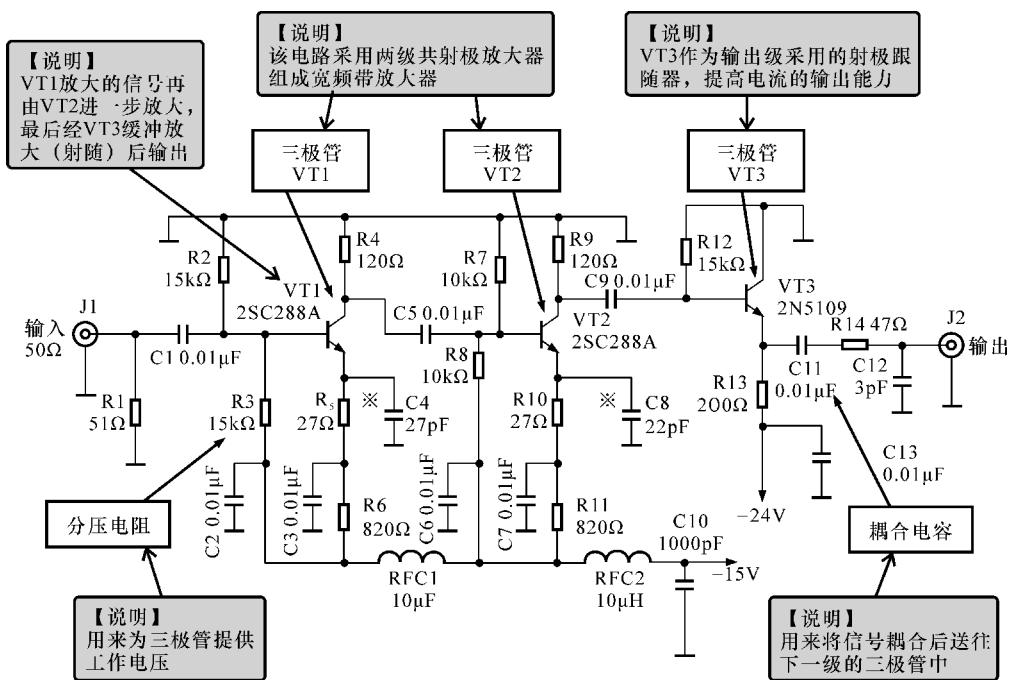


图 4-8 1~250MHz 宽频带放大电路

图 4-9 所示为宽频带放大电路的识读分析过程。输入信号由接口 J1 送入，经电容 C1 耦合后送入三极管 VT1 的基极，由 VT1 放大后由其集电极输出，再经电容 C5 耦合后送往 VT2 的基极进行放大，再由 VT2 集电极输出，再经电容 C9 耦合后送往 VT3 的基极，最终由 VT3 发射极送往输出接口 J2。

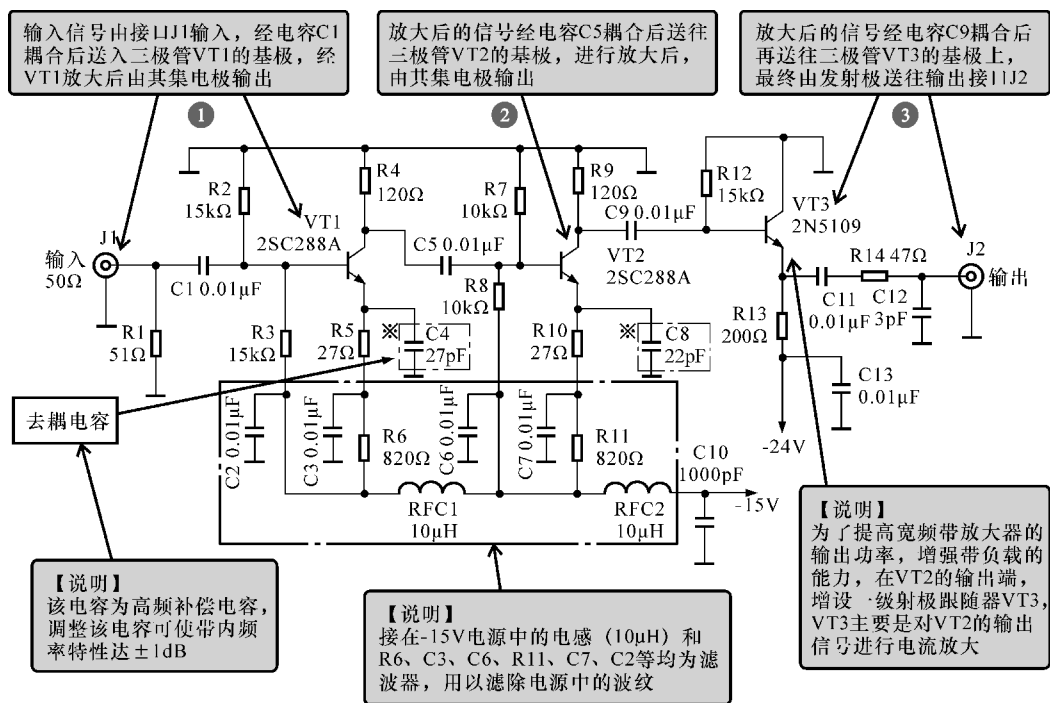


图 4-9 宽频带放大电路的识读分析过程

4.2 共集电极放大电路要如何识读



共集电极放大电路是从发射极输出信号的，信号波形与相位基本与输入相同，因而又称射极输出器或射极跟随器，简称射随器，常用作缓冲放大器使用。下面我们先从共集电极放大电路的特征入手，在了解共集电极放大电路结构、功能的基础上，学习共集电极放大电路的识读方法。

4.2.1 看一看，共集电极放大电路有什么特征



共集电极放大电路的功能和组成器件与共射极放大电路基本相同，不同之处有两点：一是将集电极电阻 R_C 移到了发射极（用 R_E 表示）；二是输出信号不再取自集电极，而是取自发射极。

1. 共集电极放大电路的结构

图 4-10 所示为共集电极放大电路的结构。电源是通过两个偏置电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 给三极管基极（b）供电； R_e 是三极管发射极（e）的负载电阻；两个电容都是起到通交流隔直流作用的耦合电容；电阻 R_L 则是负载电阻。

由于三极管放大电路的供电电源的内阻很小，因而对于交流信号来说正负极间相当于短路，交流地等效于电源，也就是说三极管集电极（c）相当于接地。输入信号相当于加载到三极管基极（b）和集电极（c）之间，输出信号取自三极管的发射极（e），也就相当于取自三极管发射极（e）和集电极（c）之间，因此集电极（c）为输入信号和输出信号的公共端。

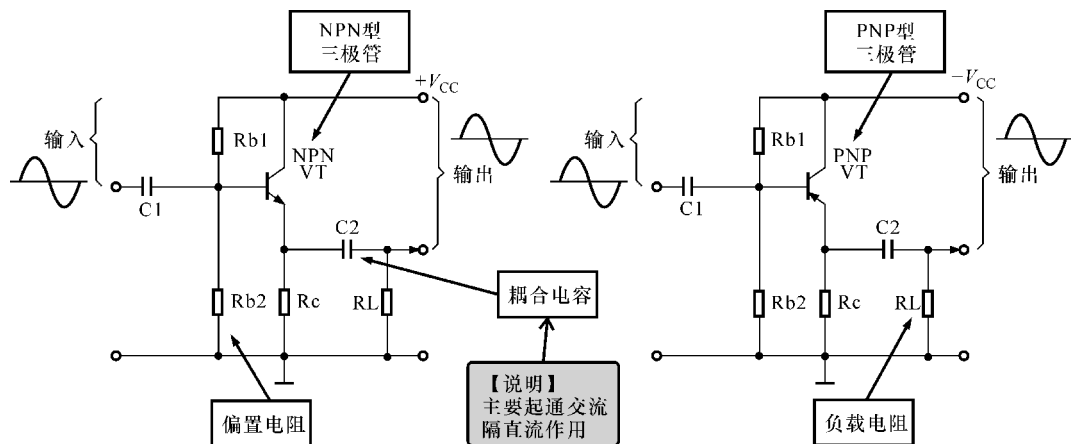


图 4-10 共集电极放大电路的结构

**【注意】**

共射极放大电路与共发射极放大电路一样，NPN 型与 PNP 型三极管放大器的最大不同之处，也是供电电源的极性不同。

2. 共集电极放大电路的功能

共集电极放大电路常作为电流放大器使用，它的特点是有高输入阻抗，电流增益大，但是电压幅度几乎没有放大，也就是输出电压接近于输入电压。而由于其输入阻抗高、输出阻抗低的特性，也可作为阻抗变换器使用。

图 4-11 为共集电极放大电路的功能示意图。输入信号首先经电容 C_1 耦合后送入三极管 VT 的基极，经三极管 VT 放大后由电容 C_2 耦合输出。

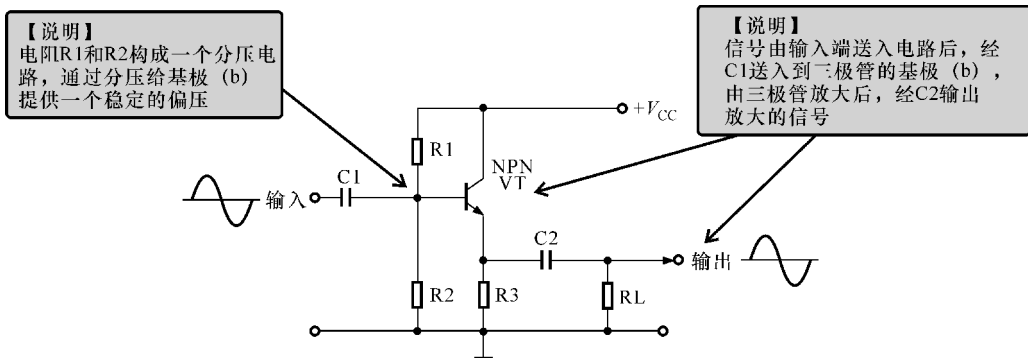


图 4-11 共集电极放大电路的功能示意图

对共集电极放大电路进行分析时，也可分为直流和交流两条通路，共集电极放大电路的直流和交流通路的组成如图 4-12 所示。该电路的直流通路是由电源经电阻为三极管提供直流偏压的电路，三极管工作在放大状态还是开关状态，主要由它的偏压确定，这种电路也是为三极管提



供能源的电路。

交流通路是对交流信号起作用的电路，电容对交流信号可视为短路，电源的内阻对交流信号也视为短路。

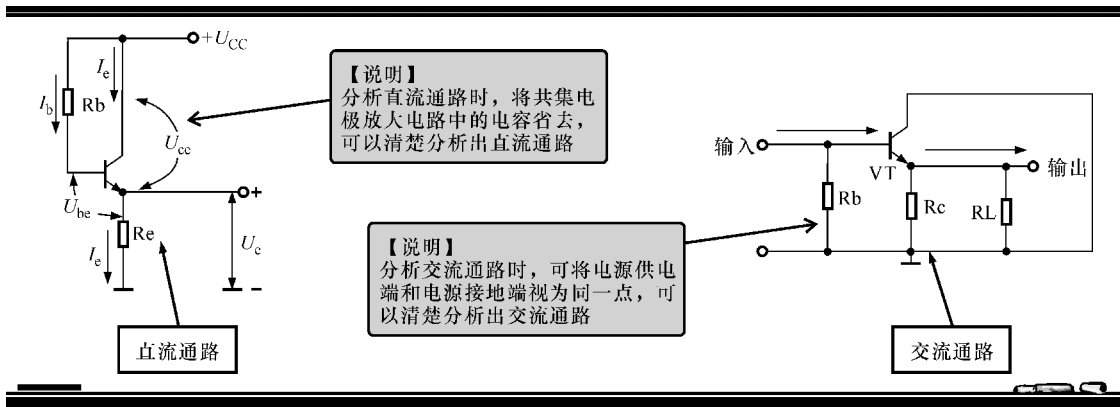


图 4-12 共集电极放大电路的直流和交流通路的构成

4.2.2 练一练，轻松识读共集电极放大电路



对于共集电极放大电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍共集电极放大电路识读方法。

图 4-13 所示为高输入阻抗缓冲放大电路，该电路是一种典型的共集电极放大电路。通过电路图可知，该电路主要是由场效应晶体管 VT1、三极管 VT2 等组成的。其中 VT1 用来进行输入信号的一级放大，三极管 VT2 与周围的阻容元件组成共集电极放大电路，用来对信号进行二级放大。

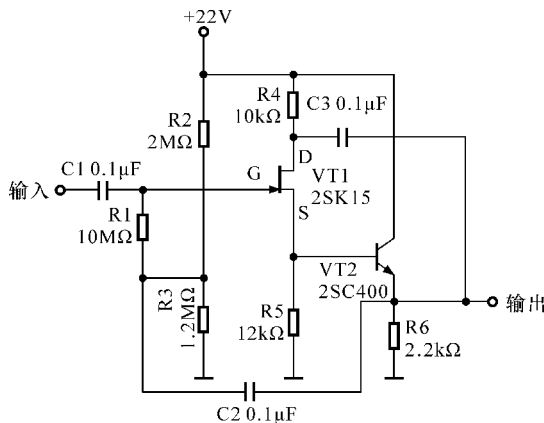


图 4-13 高输入阻抗缓冲放大电路

找到了该电路中的主要元器件后，对高输入阻抗缓冲放大电路的识读分析过程如图 4-14 所示。通过对电路的分析，我们可以识读出，当信号送入后，经电容器 C1 耦合送到场效应晶体管 VT1 的栅极 (G)，由场效应晶体管 VT1 放大后由其源极 (S) 输出，送往共集电极三极管 VT2 的基极进行放大，再由 VT2 的发射极输出。

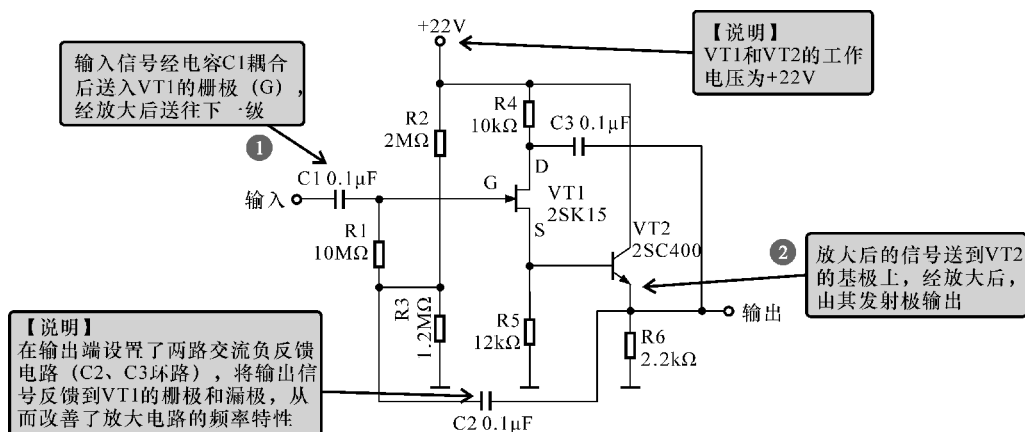


图 4-14 对高输入阻抗缓冲放大电路的识读分析过程

4.3 共基极放大电路要如何识读



下面我们先从共基极放大电路的特征入手, 在了解共基极放大电路结构、功能的基础上, 学习共基极放大电路的识读方法。

4.3.1 看一看, 共基极放大电路有什么特征



共基极放大电路的功能与共射极放大电路基本相同, 其结构特点是将输入信号加载到三极管发射极(e)和基极(b)之间, 而输出信号取自三极管的集电极(c)和基极(b)之间, 由此可见基极(b)为输入信号和输出信号的公共端, 因而该电路称为共基极(b)放大电路。

1. 共基极放大电路的结构

图 4-15 所示为共基极放大电路的基本结构。从图中可以看出, 该电路主要是由三极管 VT、电阻 Rb1、Rb2、Rc、RL 和耦合电容 C1、C2 组成的。

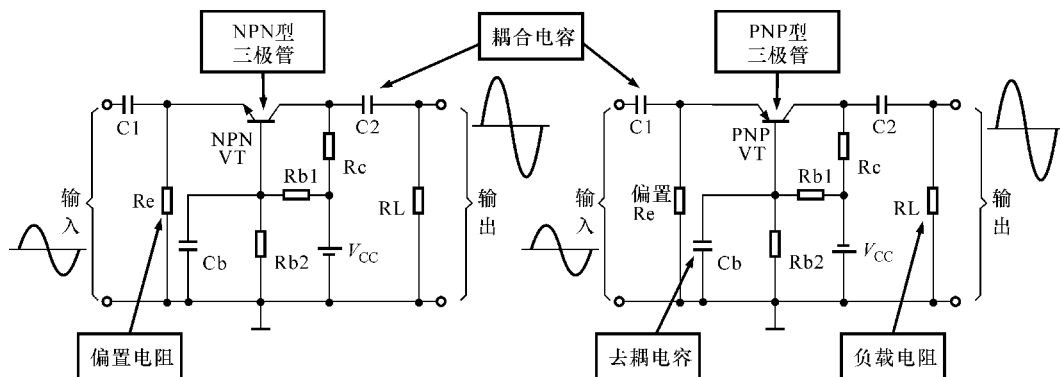


图 4-15 共基极放大电路的基本结构

除 R_L 外，电路中的四个电阻都是为了建立静态工作点而设置的，其中 R_c 还兼具集电极（c）的负载电阻；电阻 R_L 是负载端的电阻；两个电容 C_1 和 C_2 都是起到通交流隔直流作用的耦合电容；去耦电容 C_b 是为了使基极（b）的交流信号直接接地，起到去耦合的作用，即起消除交流负反馈的作用。



【资料】

共发射极、共集电极和共基极放大电路是单管放大器中三种最基本的单元电路，所有其他放大电路都可以看成是它们的变形或组合，所以掌握这三种基本单元电路的性质是非常必要的。三种放大电路的特点比较如表 4-1 所列。

表 4-1 三种放大电路的特点比较

参 数	共发射极电路	共集电极电路	共基极电路
输入电阻 R_i	$1\text{k}\Omega$ 左右	几十~几百 $\text{k}\Omega$	几十 Ω
输出电阻 R_o	几 $\text{k}\Omega$ ~几十 $\text{k}\Omega$	几十 Ω	几 $\text{k}\Omega$ ~几百 $\text{k}\Omega$
电流增益 A_i	几十~100 左右	几十~100 左右	略小于 1
电压增益 A_u	几十~几百	略小于 1	几十~几百
u_i 与 u_o 之间的关系	反相（放大）	同相（几乎相等）	同相放大（放大）

2. 共基极放大电路的功能

在共基极放大电路中，信号由发射极（e）输入，经三极管放大后由集电极（c）输出，输出信号与输入信号同相。它的最大特点是频带宽，常用作三极管宽频带电压放大器使用，如图 4-16 所示。

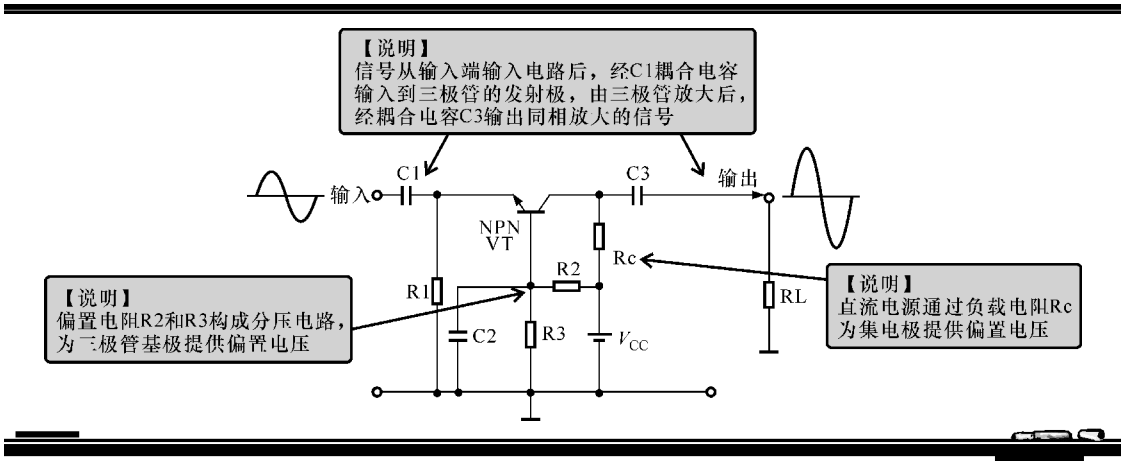


图 4-16 三极管宽频带电压放大器

在该电路中，直流电源通过负载电阻 R_c 为集电极提供偏置电压。同时，偏置电阻 R_2 和 R_3 构成分压电路，为三极管基极提供偏置电压。信号从输入端输入电路后，经 C_1 耦合电容输入到三极管的发射极，由三极管放大后，经耦合电容 C_3 输出同相放大的信号，其原理与共发射极放大电路类似。负载电阻 R_c 两端电压随输入信号变化而变化，而输出端信号取自集电极和基极之间，对于交流信号而言直流电源相当于短路，因此输出信号相当于取自负载电阻 R_c 两端，因而



输出信号和输入信号同相。

4.3.2 练一练，轻松识读共基极放大电路



对于共基极放大电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍共基极放大电路识读方法。

图 4-17 所示为调频（FM）收音机高频放大电路，该电路是典型共基极放大电路，这种放大电路的高频特性比较好，而且在高频范围工作比较稳定。

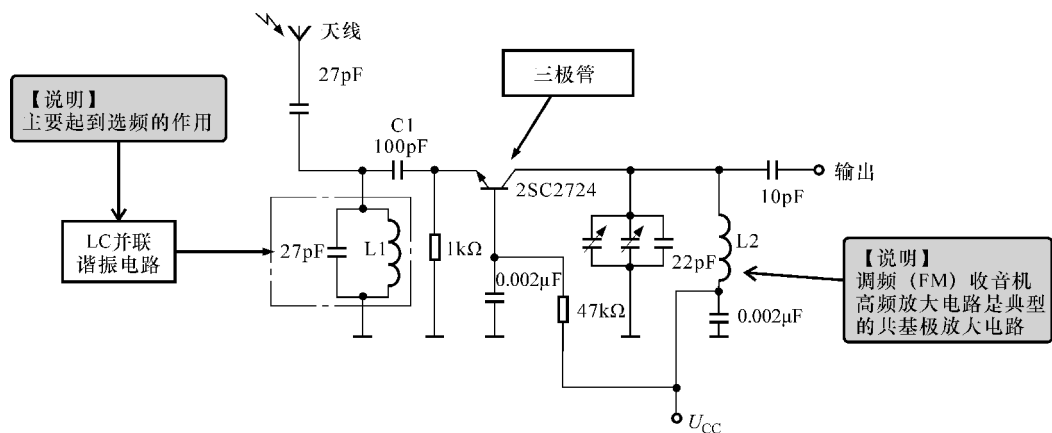


图 4-17 调频（FM）收音机高频放大电路

从图 4-17 中可知，该电路主要是由三极管 2SC2724 以及输入端的 LC 并联谐振电路等组成的。三极管 2SC2724 为核心元器件，主要用来对信号进行放大。

找到该电路的核心和关键元器件后，对调频（FM）收音机高频放大电路的识读分析过程，如图 4-18 所示。天线接收天空中的信号后，经 LC 并联谐振电路调谐，输出所需的高频信号，经耦合电容 C1 后送入三极管的发射极，由三极管进行放大后，由其集电极输出。

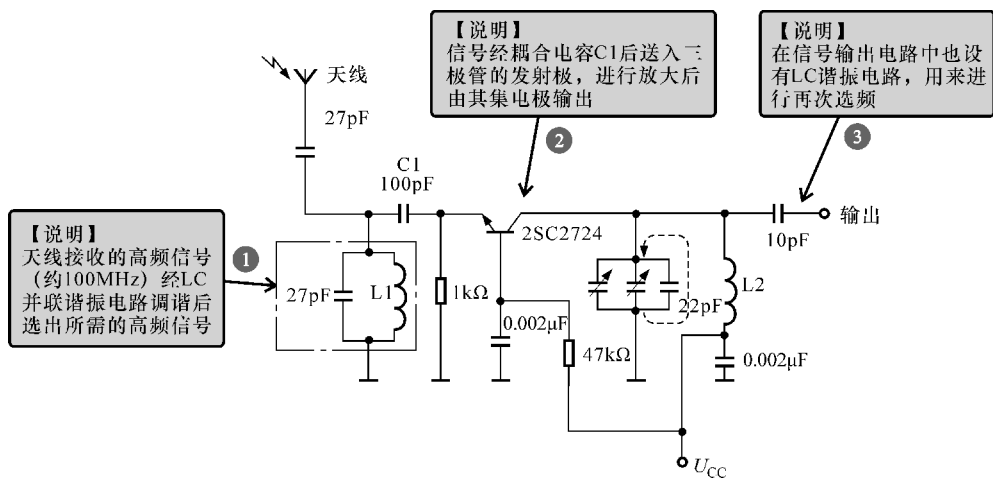


图 4-18 对调频（FM）收音机高频放大电路的识读分析过程



提问

频率到达多少时，可称之为高频？



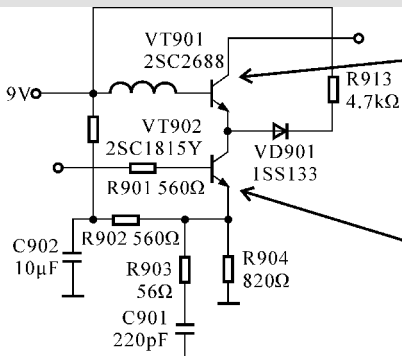
频率高低是相对的。在中波收音机电路中，处理 1MHz 左右的中波广播信号就是高频放大器，而驱动耳机或扬声器的信号（20kHz 以下）为低频信号；在 FM 收音机中，处理 100MHz 左右的载波信号的电路为高频电路，处理 10.7MHz 的电路为中频电路。

回答



【注意】

图 4-19 所示为一种采用共发射极-共基极结构的三极管宽频带视频放大电路，它是由两个三极管组成的，该电路充分发挥了两种电路的特点，电路简单但性能好。



【说明】

VT901接成共基极放大电路的形式，因而具有频带宽的特点，放大后的视频信号由VT901集电极输出，送往显像管阴极

【说明】

视频信号加到共发射极三极管 VT902的基极，VT902接成共发射极放大器的形式，因而具有较高的增益，VT902集电极的输出直接送到VT901的发射极上

图 4-19 一种采用共发射极-共基极结构的三极管宽频带视频放大电路

通过案例搞定“脉冲电路”的识读



现在,开始第5章的学习。本章我们要掌握脉冲电路的识图技能。学习脉冲电路的识读,首先要对脉冲电路的特征有所了解,为此我们特别选取典型脉冲电路作为识图案例对大家进行讲解,然后,在此基础上挑选了数十种典型的脉冲电路,从这些电路的特点入手,逐一进行识图训练,以案例演示的方式引导大家完成对脉冲电路的识读练习。相信经过大量实用脉冲电路的识图实训案例,大家一定能掌握过硬的脉冲电路识图本领。

82

5.1 看一看,脉冲电路有什么特征



脉冲电路是指在电子产品中,用于产生脉冲信号、变换和处理脉冲信号的电路,是各种电子产品中常用的功能电路,下面我们就来认识一下脉冲电路,了解该电路的功耗和基本脉冲电路的特征。

5.1.1 别急!先搞清脉冲电路的功耗是什么



脉冲电路是一种为电子产品相关电路提供特殊信号的功能单元电路,它最基本的功能是产生脉冲信号,并对产生的脉冲信号进行必要的转换处理,使其满足电路需要。

一般来说,我们将在电子产品中的脉冲电路按工作特点的不同,划分为脉冲信号产生电路和脉冲信号转换电路两大类。

为了有助于搞清脉冲信号产生电路和脉冲信号转换电路的电路特征,掌握识图方法,我们首先来了解一下脉冲信号的概念。

在模拟信号处理电路中处理的是模拟信号,模拟信号是一种连续变化的信号,例如不规则的音频信号。还有规则的正弦信号。电源的交流 50 Hz 信号就是正弦交变的信号。

而脉冲信号则是指一种持续时间极短的电压或电流波形。从广义上讲,凡不具有持续正弦形状的波形,几乎都可以称为脉冲信号,它可以是周期性的,也可以是非周期性的。图 5-1 所示为几种常见的脉冲信号波形。

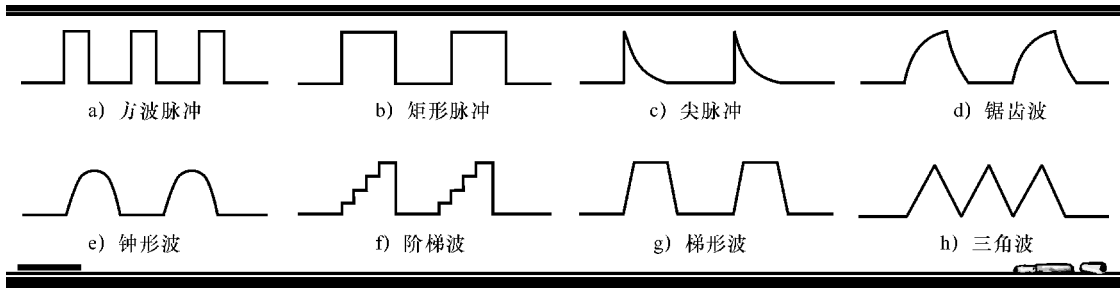


图 5-1 几种常见的脉冲信号波形



脉冲信号在数字信号处理、控制电路中应用非常广泛。例如，节日里驱动彩灯和霓虹灯的信号，在电子设备中驱动继电器、蜂鸣器、步进电动机的信号都采用脉冲信号，电子表中的计时信号也是脉冲信号。

图 5-2 所示为典型 VCD 影碟机 AV 解码集成电路处理信号的波形实例，其中包含了各种脉冲信号。

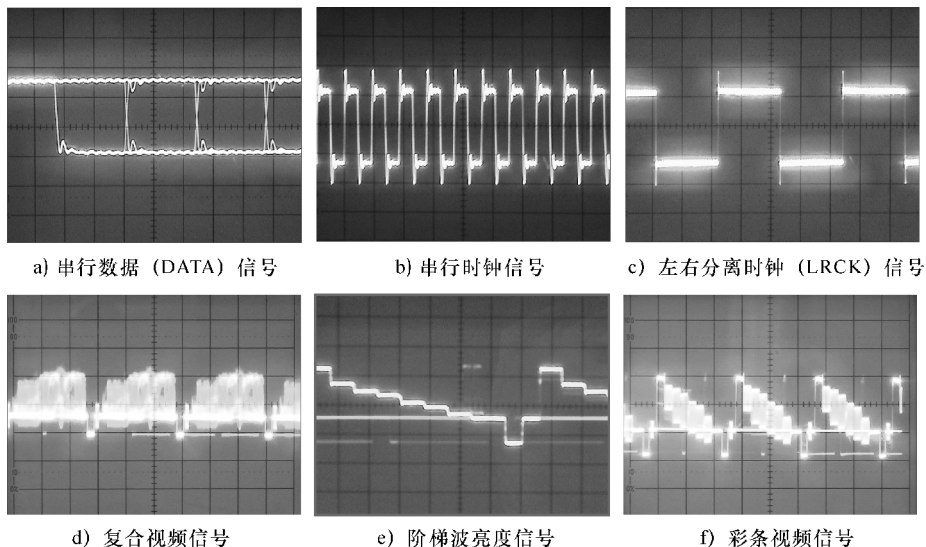


图 5-2 典型 VCD 影碟机 AV 解码集成电路处理信号的波形实例

图 5-2a 是串行数据信号的波形，数据信号的内容是不断变化的，图中的波形是捕捉信号一瞬间的状态；图 b 是串行时钟信号的波形；图 c 是左右分离时钟信号波形，是一种比较标准的方波；图 d 是表示图像复合视频信号的波形，该信号包含行同步脉冲信号（负极性脉冲）、色同步信号以及亮度和色度合成的信号；图 e 是阶梯波亮度信号；图 f 是彩条视频信号，也是阶梯波亮度信号、行同步脉冲信号和色度信号的合成波形。

【资料】



如果按脉冲信号的极性来分，可分为正极性脉冲和负极性脉冲信号。正极性脉冲是相对于零电平（或其他标准电平）来说的，幅值为正；而负极性脉冲的幅值为负。正负极性脉冲波形如图 5-3 所示。表示数据内容的编码信号也都是由不同规律的脉冲列组成的，此外还有一些正弦波和脉冲混合的信号。

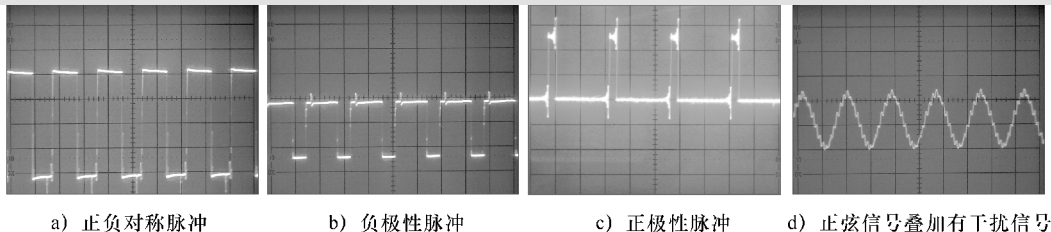


图 5-3 正负极性脉冲波形

通常情况下，我们将在电子产品中，用于产生脉冲信号、变换和处理脉冲信号的电路，称为脉冲电路。通常，脉冲电路可分为脉冲信号产生电路和脉冲信号转换电路。

提
问

脉冲信号和数字信号是什么关系？是不是可以把脉冲信号理解为数字信号呢？



数字电路是处理数字信号的电路，数字信号中，二进制数字信号是应用最为广泛的信号，它是由“1”和“0”两种数字进行处理和运算的信号。而数字量用电信号表示时方法是多种多样的，例如，可以用脉冲的有和无表示“1”和“0”，也可以用正脉冲和负脉冲表示“1”和“0”，还可以用高电平和低电平表示“1”和“0”，这些表示“1”和“0”的信号就是脉冲信号。也可以说数字电路中处理的信号都属于脉冲信号，但脉冲信号并不都是数字信号。

回
答

5.1.2 开始！了解基本脉冲信号产生电路的特征



脉冲信号产生电路是产生脉冲信号的电路，该电路用于为脉冲信号处理和变换电路提供信号源。通常，脉冲信号产生电路不需外加触发信号，在电源接通后，就可自动产生一定频率和幅度的脉冲信号。

图 5-4 所示为一种简单的脉冲信号产生电路的结构和工作过程，它主要是由两只三极管 VT1、VT2 构成的，VT2 输出的脉冲信号可以驱动发光二极管（LED）发光。

从图 5-4 中可以看到，在满足供电条件下，两只三极管相互配合导通和截止，产生触发 LED 发光的脉冲信号，这就是脉冲信号产生电路的基本工作过程和特征。

通常情况下，常见的脉冲信号产生电路根据所产生的脉冲信号波形类型，主要有方波脉冲产生电路、锯齿波信号产生电路、三角波信号产生电路等。通常，我们又将这些能够产生脉冲信号的电路称为振荡器，可分为晶体振荡器和多谐振荡器两种。

1. 晶体振荡器

晶体振荡器是一种高精度和高稳定度的振荡器，广泛用于彩电、计算机、遥控器等各类振荡电路中，为数据处理设备产生时钟信号或基准信号。

晶体振荡器是主要由石英晶体和外围元件构成的谐振器件。石英是一种自然界中天然形成的结晶物质，具有一种称为压电效应的特性。当晶体受到机械应力的作用时会发生振动，由此产生的电压信号的频率等于此机械振动的频率；当晶体两端施加交流电压时，它会在该输入电压频率的作用下产生振动。在晶体的自然谐振频率下，会对应产生最强烈的振动现象。晶体的自然谐振频率由其实际尺寸以及切割方式来决定。

使用在电子电路中的晶体如图 5-5 所示，一般由架在两个电极之间的石英薄芯片以及用来密封晶体的保护外壳所构成，可以等效为 RLC 电路。

(1) 32 kHz 晶体时钟振荡器

在数字电路中，时钟电路是不可缺少的，图 5-6 所示为 32kHz 晶体时钟振荡器，是为数字电路提供时间基准信号的电路，它采用 CMOS 集成电路 CD4007 作振荡信号放大器。

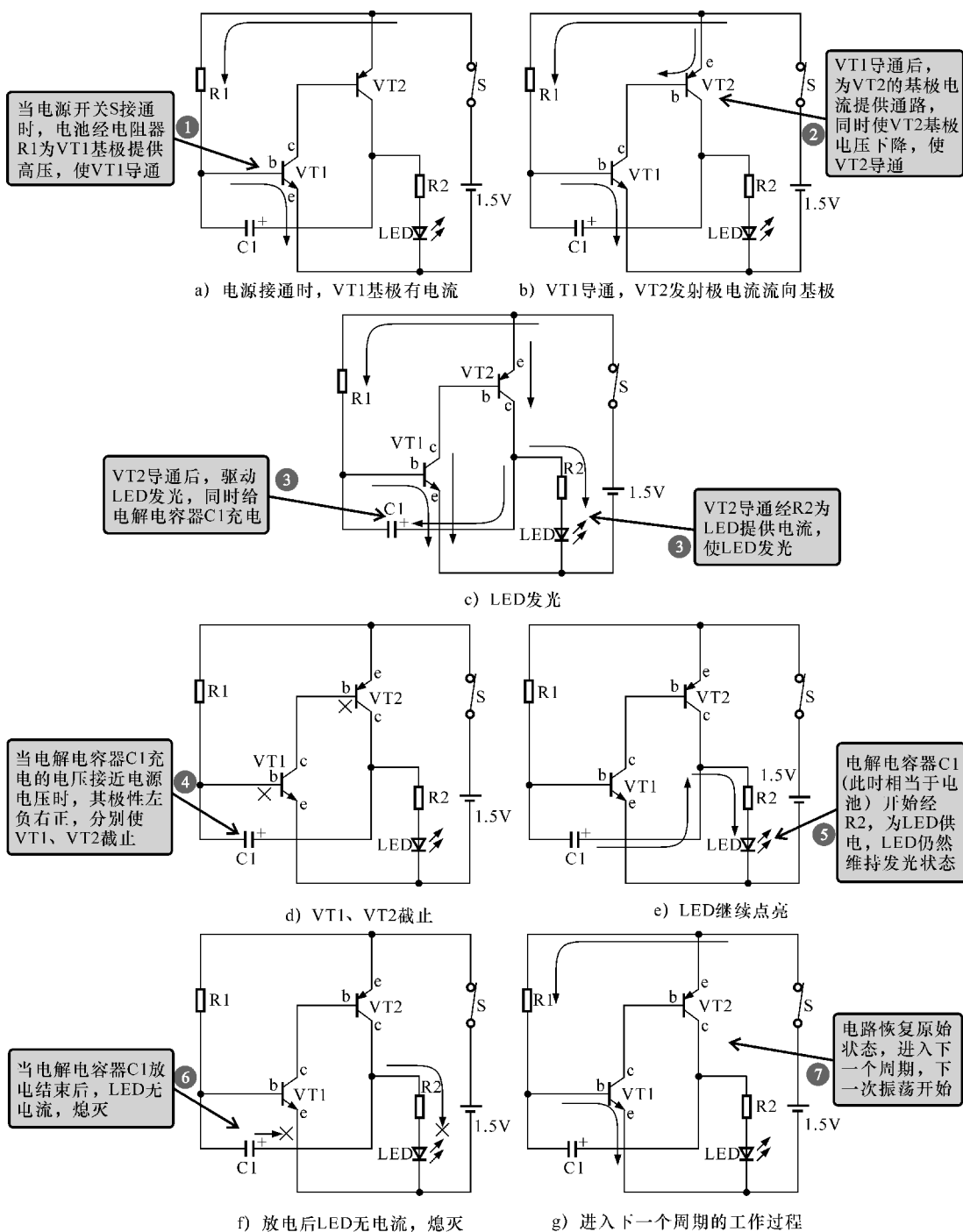
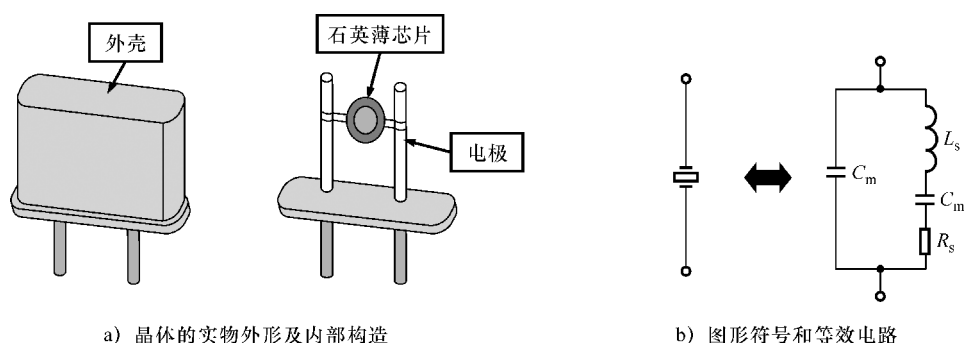


图 5-4 一种简单的脉冲信号产生电路的结构和工作过程



a) 晶体的实物外形及内部构造

b) 图形符号和等效电路

图 5-5 使用在电子电路中的晶体

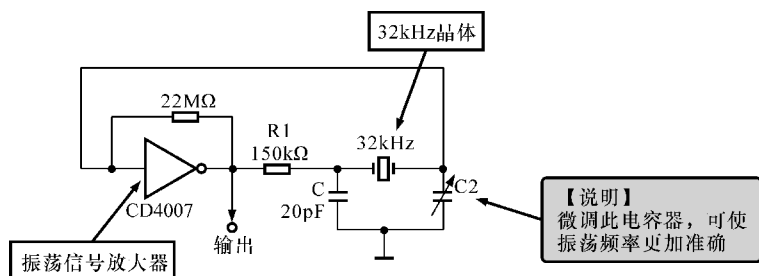


图 5-6 32kHz 晶体时钟振荡器

(2) 由 DTL 集成电路构成的晶体振荡器

图 5-7 所示为由 DTL (二极管和三极管组成的逻辑电路) 集成电路构成的晶体振荡器, 其振荡频率为 100kHz 和 1MHz。它由门电路构成, 为 DTL 电路系统提供晶振信号。

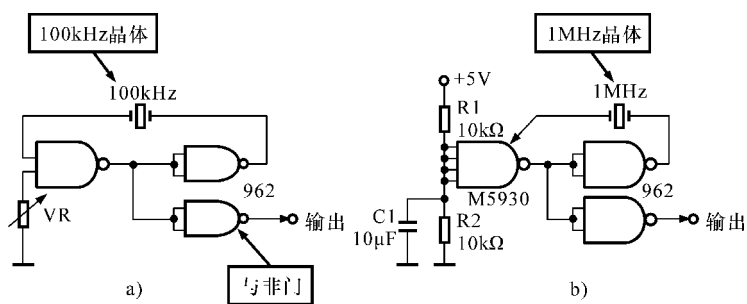


图 5-7 由 DTL 集成电路构成的晶体振荡器

(3) 由 TTL 集成电路构成的晶体振荡器

图 5-8 所示为由 TTL 集成电路构成的晶体振荡器, 图中分别为 10MHz 和 20MHz 两种振荡频率的振荡电路。

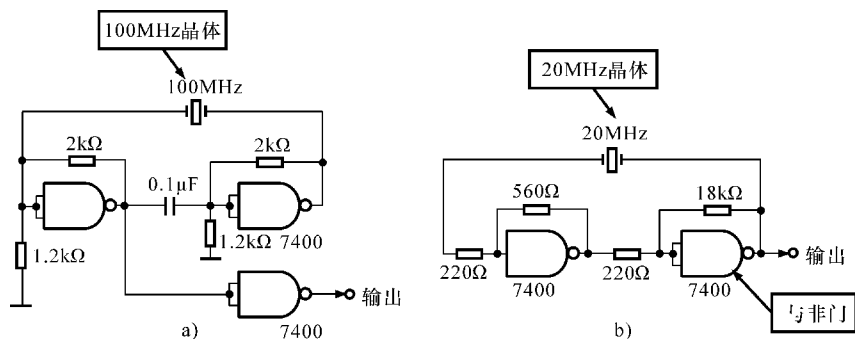


图 5-8 由 TTL 集成电路构成的晶体振荡器



【资料】

任何模拟信号都可以变成数字信号进行处理。数字信号往往需要进行存储和传输，而且在传输前需要进行加密和编码等处理，数字信号经过这些处理后还需要还原。为此数字信号往往需要按一定的规则进行编码，有了这些编码规则，才能在还原识别时进行相反的解码。经加密处理的信号还需要解密。完成这些信号处理过程的电路就是数字信号处理电路，因而数字信号处理电路的种类也非常多。

在数字信号处理电路中进行处理的数字信号是很复杂的，相应的处理电路也是很复杂的，为了使这个复杂的处理过程有条不紊，就需要有一个统一的信号来控制各种电路的步调，这就是时钟信号，时钟信号是整个数字系统的同步信号。时钟信号需要有很高的稳定性，为此通常是由石英晶体构成的晶体振荡器来产生时钟信号。

2. 多谐振荡器

多谐振荡器是一种可自动产生一定频率和幅度的矩形波或方波的电路，其核心元件为对称的两只晶体管，或将两只晶体进行集成后的集成电路部分。

(1) 方波信号产生器

图 5-9 所示的方波信号产生器也是一种多谐振荡器，它利用双稳态多谐振荡器产生方波信号，可同时输出两个相位相反的方波信号。该电路简单，稳定可靠。

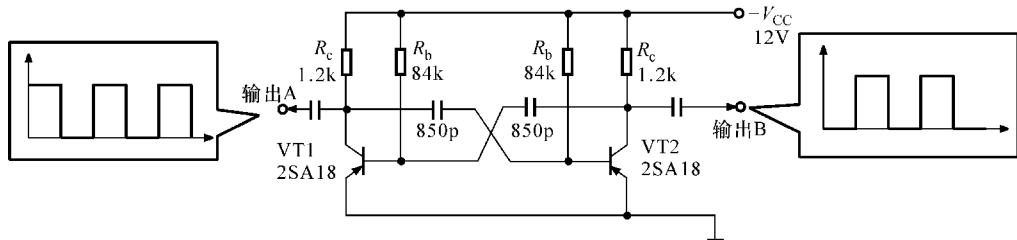


图 5-9 方波信号产生器



(2) 锯齿波振荡器

锯齿波振荡电路的结构如图 5-10 所示。比较常用的普克尔锯齿波振荡器如图 5-10c 所示, 其波形如图 5-10d 所示。首先, $-V_{CC}$ 通过 R_{c1} 加到 VT2 的基极, 使 VT2 导通, 电容器 C 通过 R_{c2} 充电。若 R_{c2} 选得比 R 电阻值大, 则充电时间比放电时间长。

C 很快充电到由 R_{c2} 和 R 对 $-V_{CC}$ 的分压电位, R_{c2} 的电压降通过 C1 使 VT1 的基极电位变正而截止。C 进行充电时, 集电极电流逐渐减小, 电源电压通过 R_{b1} 、 R_{b2} 分压加给 VT1 的基极, 从而使 VT1 导通。这样, VT1 的集电极电压下降, 因为 VT2 的基极直接连接 VT1 的集电极, 从而使 VT2 截止。由于 VT2 截止, C 上的电荷通过 R 放电, 直到 VT2 的发射极电位高于基极电位时 VT2 再次导通; 因此, 在 C 两端便产生周期性的锯齿波。

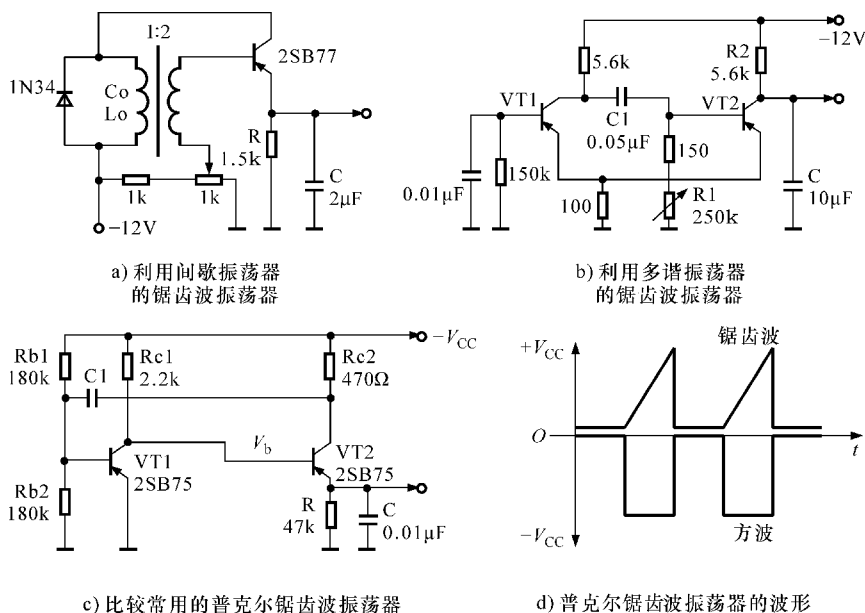
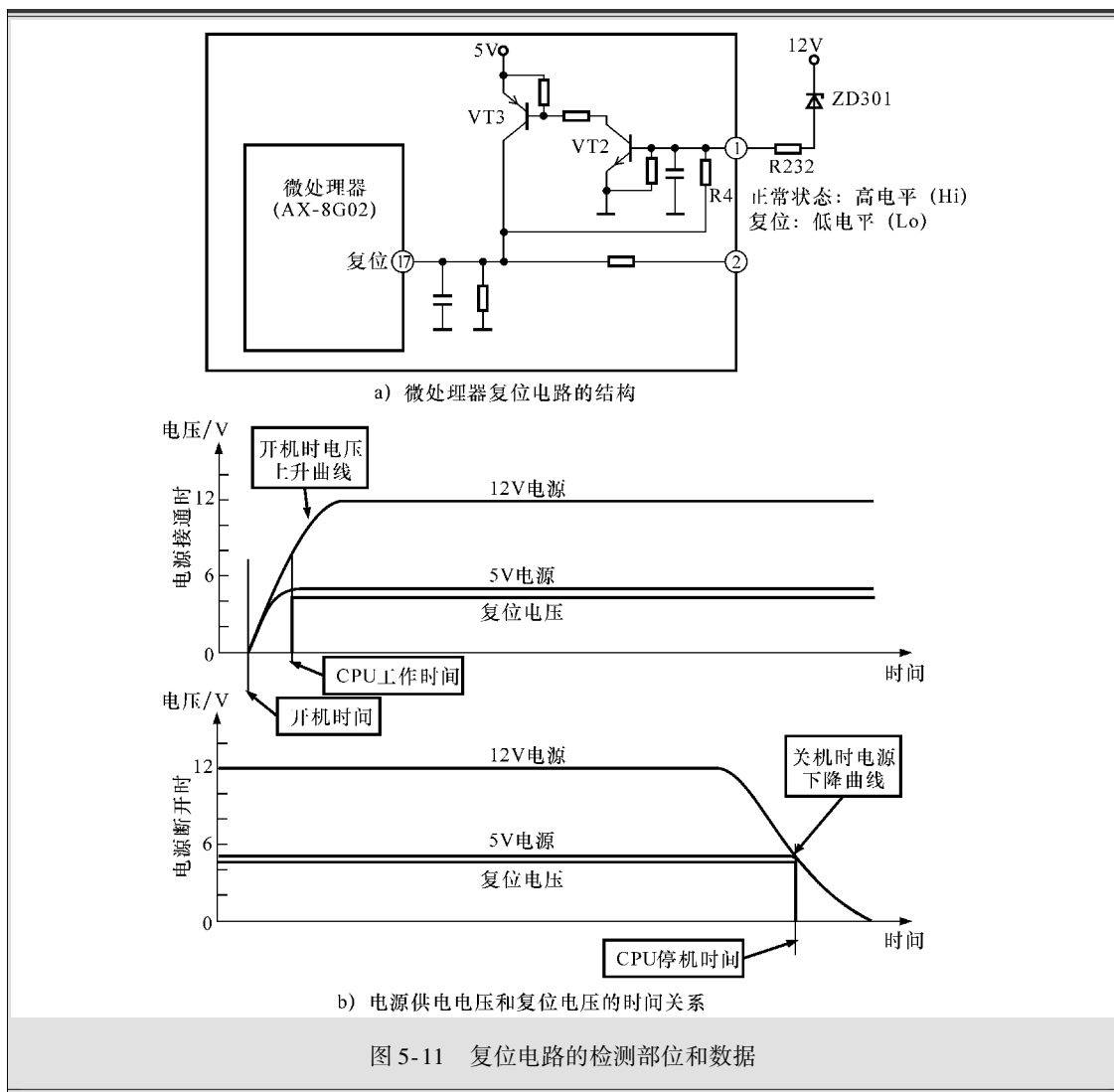


图 5-10 锯齿波振荡电路的结构



【资料】

在实际应用中, 我们常见的复位电路也是一种脉冲信号产生电路。复位电路的检测部位和数据如图 5-11 所示。图 5-11a 所示为微处理器复位电路的结构。微处理器的电源供电端在开机时会有个从 0V 上升至 5V 的过程, 如果在这个过程中起动, 有可能出现程序错乱, 为此微处理器都设有复位电路, 在开机瞬间复位端保持 0V, 低电平。当电源供电接近 5V 时 (大于 4.6V), 复位端的电压变成高电平 (接近 5V), 此时微处理器才开始工作。在关机时, 当电压值下降到小于 4.6V 时复位电压下降为零, 微处理器程序复位, 保证微处理器正常工作。图 b 所示为电源供电电压和复位电压的时间关系。



5.1.3 继续！了解基本脉冲信号转换电路的特征



脉冲信号转换电路是用于实现脉冲信号传输或改善脉冲信号性能的电路。在实际的电路应用中，脉冲信号常常会根据电路需要进行脉冲形态、脉冲宽度、脉冲延时等一系列转换。在实际信号传输过程中，脉冲信号也常常由于电路元器件性能的影响而造成脉冲信号质量下降、信号波形不良等情况。

因此，为相关功能电路提供相应的脉冲信号，确保脉冲信号的传输品质就是脉冲信号转换电路的主要功能。

1. 脉冲信号转换电路的特点

图 5-12 所示为一个反相器电路，当输入一个方波脉冲信号加到反相器输入端，则反相器输出端会有反相脉冲输出，一个共发射极三极管放大器就是一个典型的反相器，输入信号加到基极，集电极会有反相信号输出。输出波形可用示波器测得。比较两信号会发现，输出信号与输入信号相比，脉冲的前后沿都有变形和延迟。

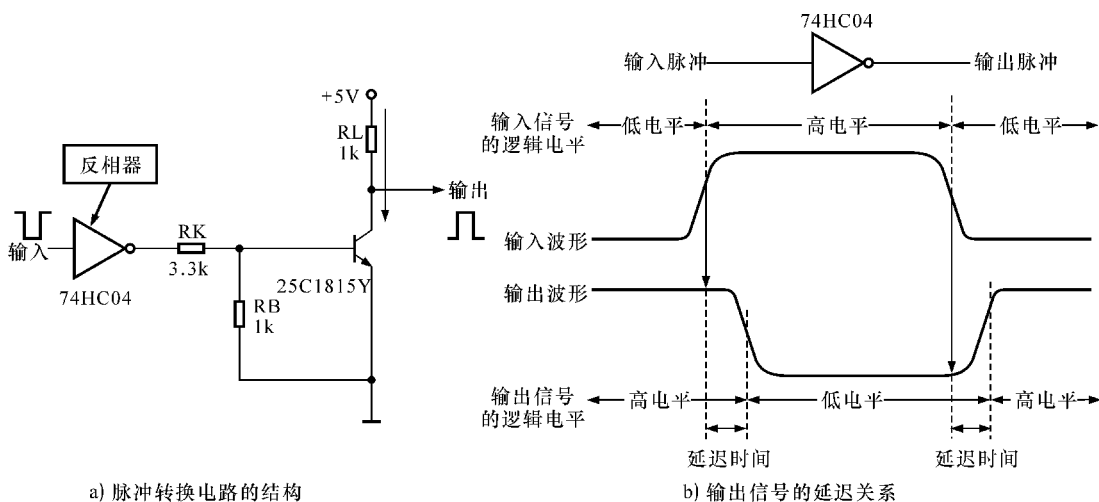


图 5-12 反相器电路

引起信号延迟的原因是输入电容器的积分效应，如图 5-13 所示，输入信号脉冲经耦合电阻 R_K 加到三极管基极，三极管基极对地存在着一小电容器 C_B ，由于电容器的充电作用使送入三极管的基极电流延迟，于是引起了信号波形的变形。

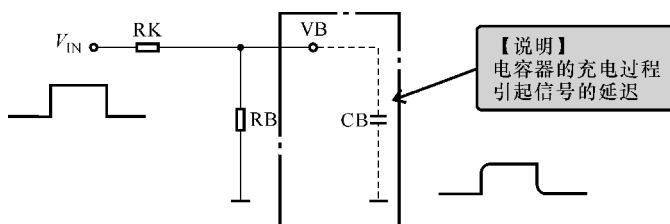


图 5-13 引起信号延迟的原因是输入电容器的积分效应

为了减少波形的延迟，在信号输入电阻 R_K 上并联一个加速电容器 C_K ，这样使脉冲沿变尖，可以减少输入电容器的影响，处理后的相应波形如图 5-14 所示。

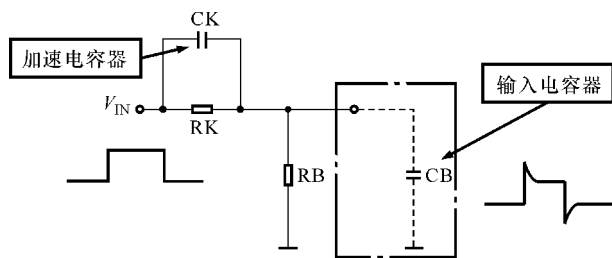


图 5-14 处理后的相应波形

加速电容器的选择方法：在电路工作时，用示波器同时检测输入和输出信号的波形，改变 C_K 电容器的值，比较信号波形的变化情况，确认最佳电容器参数，如图 5-15 所示。

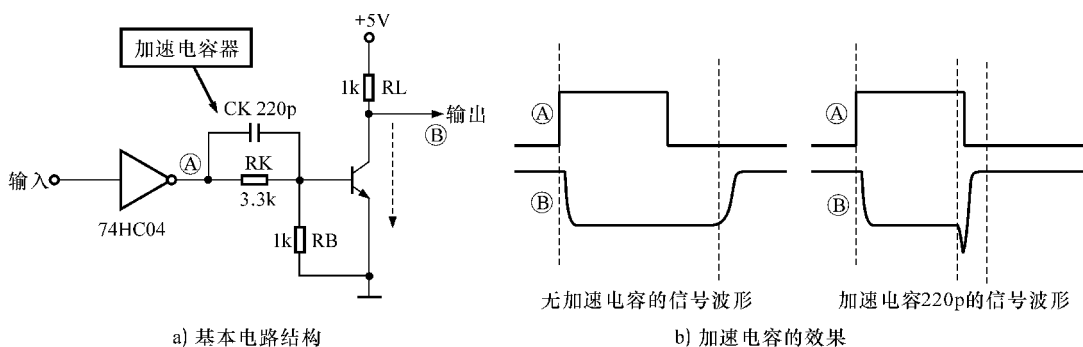


图 5-15 加速电容器的选择方法

2. 常见的脉冲信号转换电路

脉冲信号转换电路包括脉冲信号的整形和变换。常见的脉冲信号整形和变换电路主要有 RC 微分电路（将矩形波转换为尖脉冲）、RC 积分电路、单稳态触发电路、双稳态触发电路等。这些电路有一个共同的特点：它们不能产生脉冲信号，只能将输入端的脉冲信号整形或变换为另一种脉冲信号。

图 5-16 ~ 图 5-19 所示为几种脉冲信号整形和变换电路，以及其输入和整形后输出的脉冲信号。

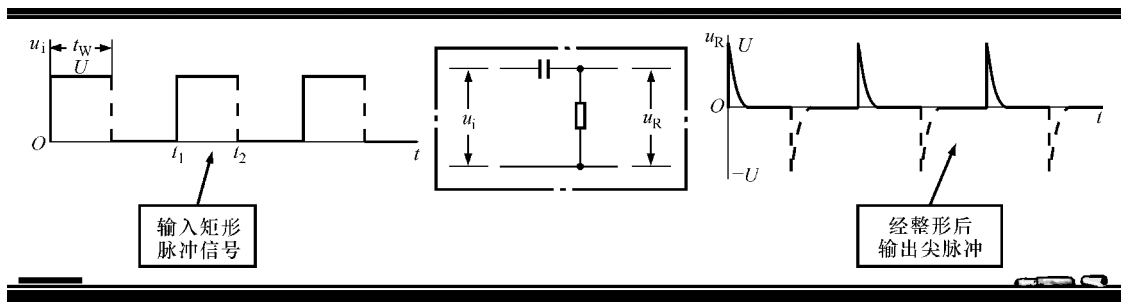


图 5-16 RC 微分电路及输入输出信号波形

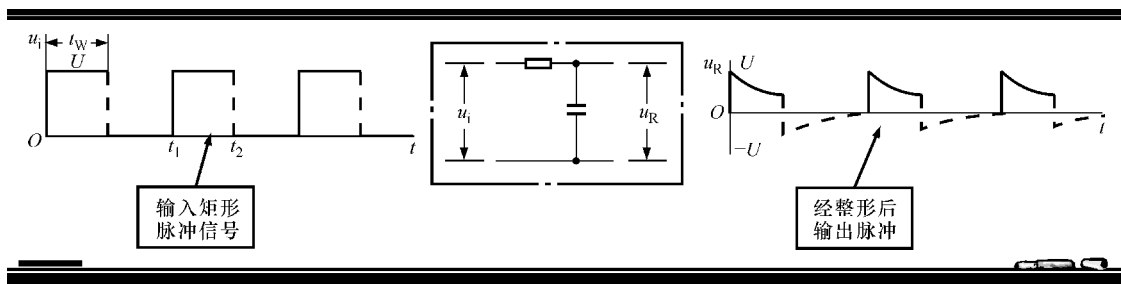


图 5-17 RC 积分电路及输入输出信号波形

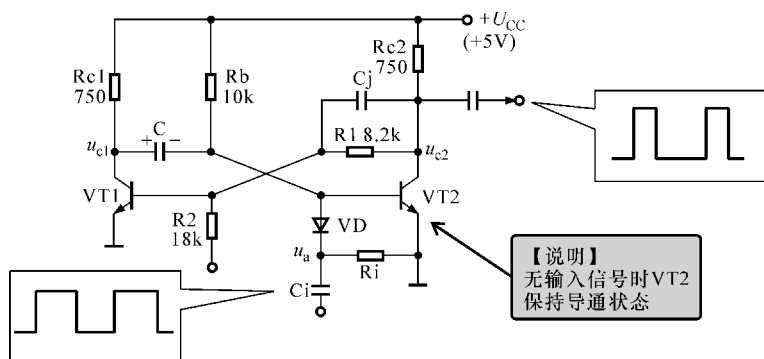


图 5-18 典型单稳态触发电路及输入输出脉冲信号波形

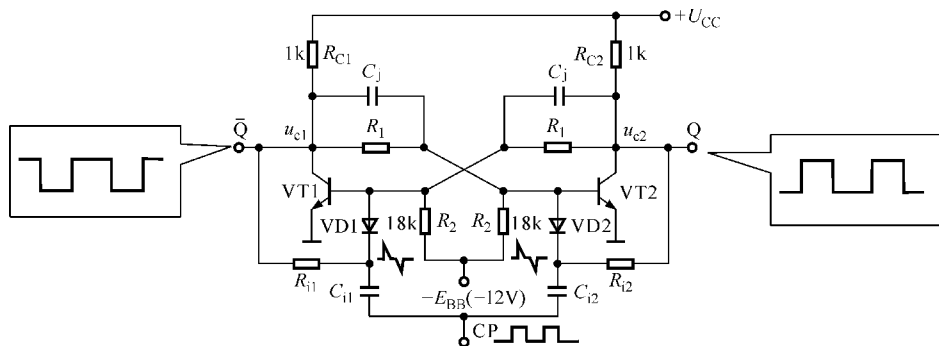


图 5-19 典型双稳态触发电路及输入输出脉冲信号波形

5.2 轻松搞定对“脉冲信号产生电路”的识图训练



脉冲信号产生电路是电子产品中常见的功能电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的脉冲信号产生电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项技能。

5.2.1 搞定对“时钟振荡器电路”的识图分析



对于时钟振荡器电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍时钟振荡器电路识读方法。

1. 数码产品时钟振荡器电路的识图训练

图 5-20 所示为典型数码产品中的时钟振荡器电路。可以看到，该电路主要由石英晶体 X101 和三个反相放大器（7074 中的 A、B、C）构成。

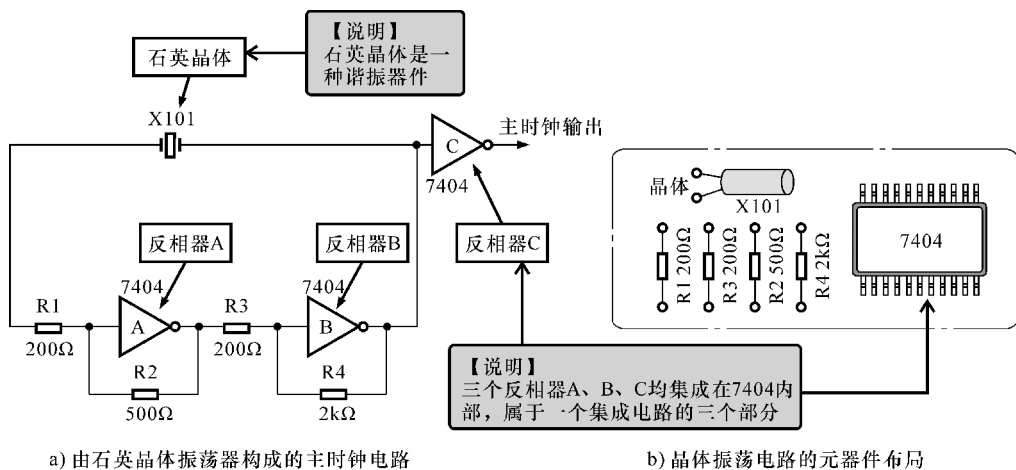


图 5-20 典型数码产品中的时钟振荡器电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

石英晶体 X101 接在两级反相器的输出与输入信号端之间，由于石英晶体是一种谐振器件，当石英晶体 X101 两端施加交流电压时，就会在该输入电压频率的作用下振动，就形成了具有固定频率的振荡电路，在电路的输出端即输出脉冲时钟信号波形。



【注意】

时钟振荡器通常用于数字信号处理电路以及微处理器电路中（微处理器也属于数字信号处理电路）。数字信号的传送、处理都需要时钟信号，它是系统中的节拍信号，也是时间信号，同时是识别数据信号的同步信号。

2. 精密的 1Hz 时钟信号产生电路的识图训练

图 5-21 所示为一种精密的 1Hz 时钟信号产生电路，可以看到，该电路主要由 14 级二进制计数器 CD4060、触发器 CD4027 及 32.768kHz 石英晶体等元器件组成。

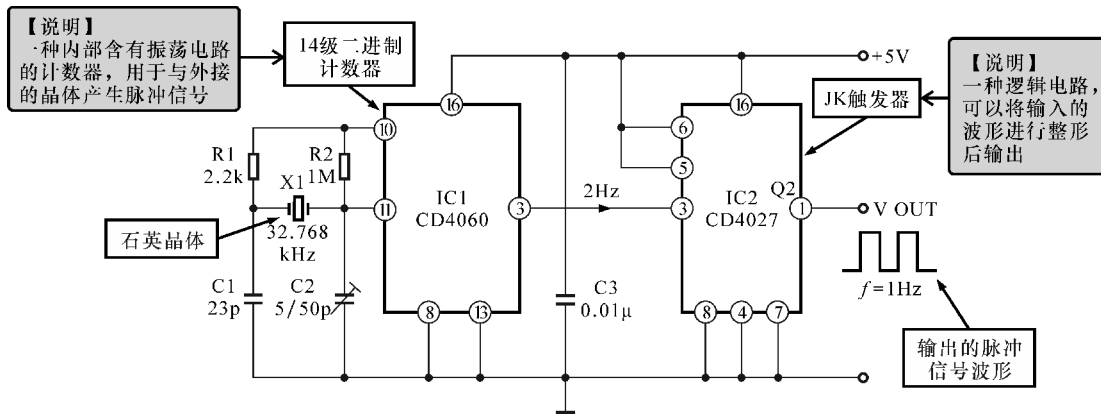


图 5-21 一种精密的 1Hz 时钟信号产生电路



结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

计数器 IC1 (CD4060) ⑩、⑪脚的外接晶体 X1 与芯片内电路构成振荡电路,其振荡频率为 32.768kHz,微调电容器 C2 可精确调节此频率。

振荡电路产生的振荡信号经计数器 IC1 (CD4060) 的 2^{14} 次分频后,在其③脚输出 2Hz 的方波信号,该方波信号再经 JK 触发器 IC2 (CD4027) 进行 1/2 分频后,便可在 IC2 的①脚上输出精确的、频率为 1Hz 的时钟信号。

5.2.2 搞定对“方波脉冲信号产生电路”的识图分析



对于方波脉冲信号产生电路的识读,我们应先了解电路的结构组成,然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点,对电路的信号流程进行分析。下面,我们将通过实例详细介绍方波脉冲信号产生电路识读方法。

方波脉冲信号产生电路是一种专用于产生方波信号的脉冲信号产生电路。

1. 1 kHz 方波信号产生电路 (CD4060) 的识图实训

图 5-22 所示为一个 1kHz 方波信号产生电路,可以看到,该电路主要是由振荡器 CD4060、晶体 X1、补偿电容 C1 和 C2 及外围元器件构成的。

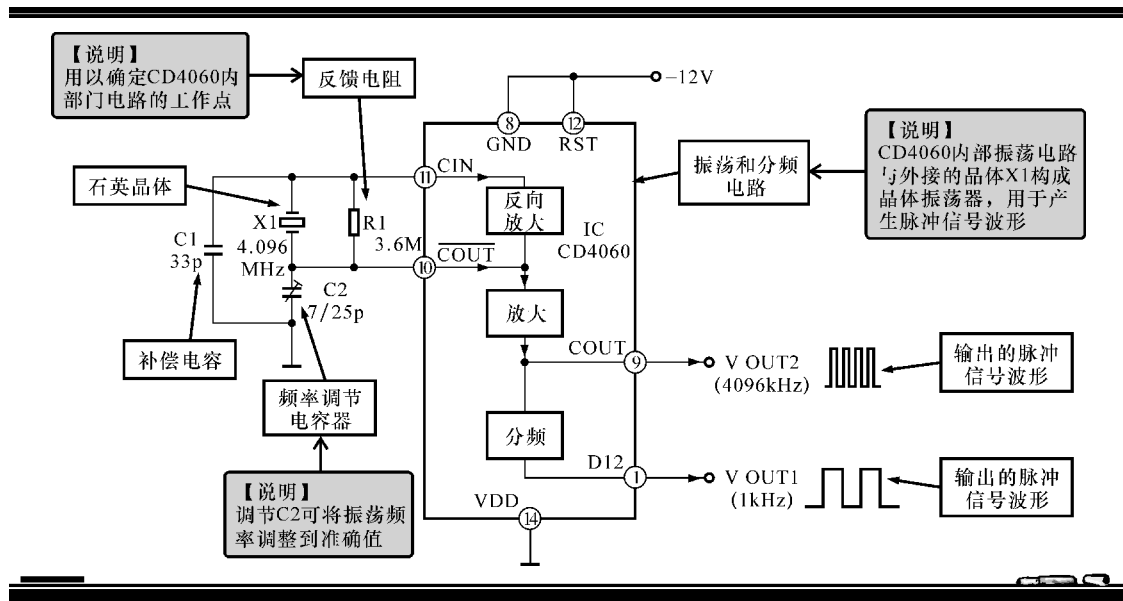


图 5-22 一个 1kHz 方波信号产生电路

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

当直流 12V 电压加到该电路中后,集成电路 CD4060 开始工作,其内部的振荡电路通过⑩脚、⑪脚与外接晶体 X1 构成晶体振荡器,产生脉冲信号,该振荡信号经 IC 内部一级放大后,直接由 IC 内部的固定分频器 ($1/4096$) 分频,然后从 IC 的①脚输出,因此从①脚得到的输出频率为 $4.096\text{MHz}/4096 = 1\text{kHz}$ 。从⑨脚输出的信号,输出频率为 4.096MHz。

2. 可调频率的方波信号发生器 (74LS00) 的识图训练

图 5-23 所示为一种采用与非门集成电路 74LS00 的方波发生器电路,该电路主要是由与非门集成电路 74LS00 及外围 RC 元件构成的。

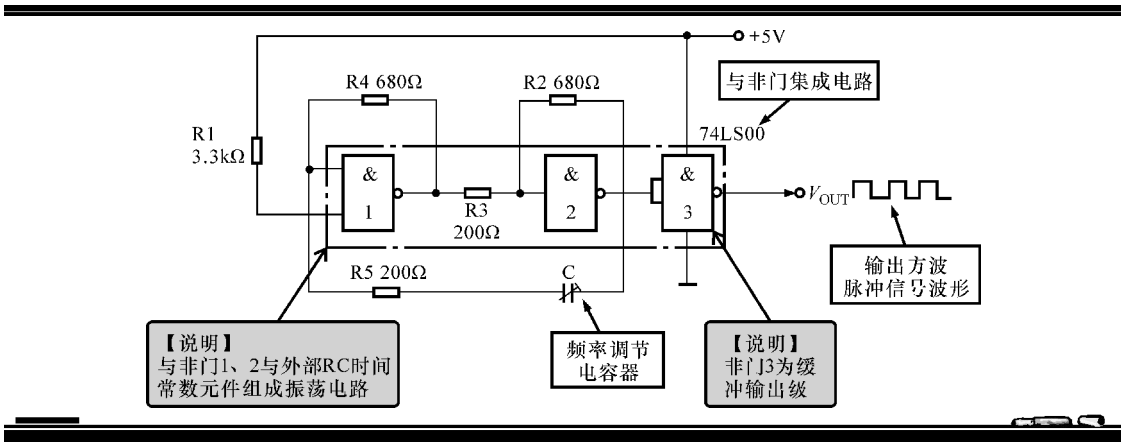


图 5-23 一种采用与非门集成电路 74LS00 的方波发生器电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当直流 5V 电压加到该电路中后，集成电路 74LS00 开始工作，其中与非门 1、2 与外部 RC 时间常数元件组成振荡电路，产生方波脉冲信号，该方波脉冲信号经非门 3 放大后输出。

只要改变 C 的容量，便可获得不同频率的方波输出。



【资料】

表 5-1 所列为电容器 C 的电容量不同时对应输出的方波脉冲信号的频率，供参考。

C 的电容量值	0.1μF	0.01μF	1000pF	330pF
振荡频率	4.8kHz	53kHz	550kHz	1.7MHz

5.2.3 搞定对“键控脉冲产生电路”的识图分析

 对于键控脉冲产生电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例介绍键控脉冲产生电路识读方法。

图 5-24 所示为一个利用键盘输入电路的脉冲信号产生电路，可以看到，该电路主要是由操作按键 S，反相器（非门）A、B、C、D，与非门 E 等组成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

按动一下操作按键 S，即可输出一串脉冲信号，反相器 A 的输出端（①处）会形成起动脉冲，由此电路中电容器 C2 被充电形成积分信号，当电容器 C2 充电电压达到一定值时，反相器 B 控制脉冲信号产生电路 C 开始振荡，后者输出端（③处）输出脉冲信号，加到与非门 E 下端引脚上；同时，起动脉冲经反相器 D 后，直接加到与非门 E 的上端（④处）引脚上，经与非门进行“与”、“非”识别处理后，由其输出端（⑤处）输出键控信号。

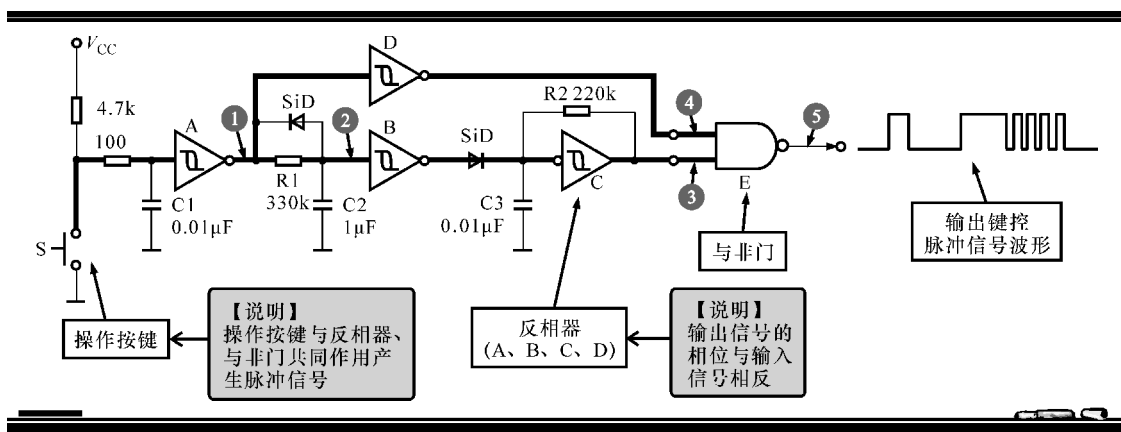


图 5-24 一个利用键盘输入电路的脉冲信号产生电路



【资料】

在上述信号处理过程中，①~⑤处的信号波形如图 5-25 所示（按时序关系对齐）。

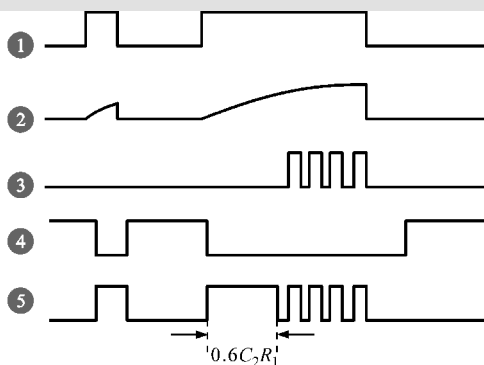


图 5-25 ①~⑤处的信号波形

5.2.4 搞定对“脉冲信号催眠器电路”的识图分析



对于脉冲信号催眠器电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍脉冲信号催眠器电路识读方法。

图 5-26 所示为一个脉冲信号催眠器电路，可以看到，该电路主要是由耳机接口 JK、脉冲振荡器 CD4069、触发器 CD4017 和脉冲输出电路 BG1 等部分构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

插入耳机后，耳机作为晶体管 BG1 的负载，同时将 3V 直流电压送入电路中。

通电瞬间，电源通过 C1 为 CD4017 触发器提供复位脉冲，使 CD4017 复位。与此同时，由 CD4069 构成的脉冲振荡器起振，该信号作为时钟脉冲送到 CD4017 ⑭脚，经内部触发电路工作后，由③脚输出脉冲信号，经 BG1 放大后，将脉冲信号送入耳机中，有如雨滴声，催人入眠。



图 5-27 所示为触发器 CD4017 的内部结构及各引脚波形时序图, 简单了解集成电路的内部结构及引脚波形图, 对识图很有帮助。

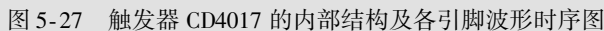
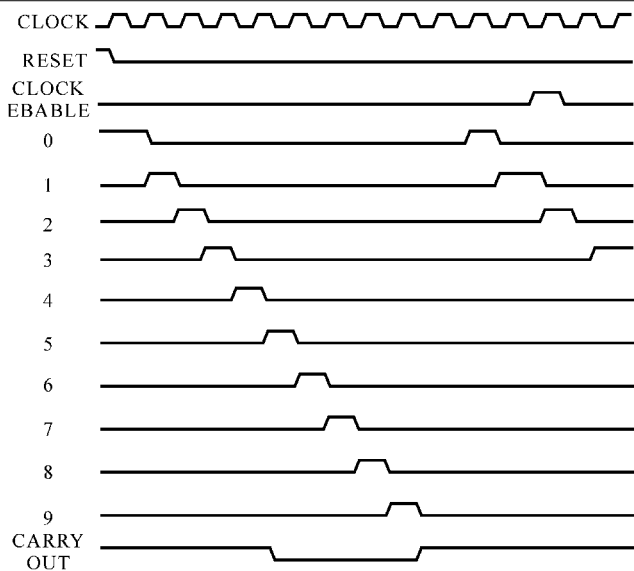


图 5-27 触发器 CD4017 的内部结构及各引脚波形时序图



b) 波形时序图

图 5-27 触发器 CD4017 的内部结构及各引脚波形时序图 (续)

5.2.5 搞定对“时序脉冲发生器电路”的识图分析



对于时序脉冲发生器电路的识读,我们应先了解电路的结构组成,然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点,对电路的信号流程进行分析。下面,我们将通过实例详细介绍时序脉冲发生器电路识读方法。

图 5-28 所示为一个典型的时序脉冲发生器电路,可以看到,该电路主要是由双 4 位静态移位寄存器 IC1 (CD4015)、或非门电路 IC2 (CD4002) 等构成的。

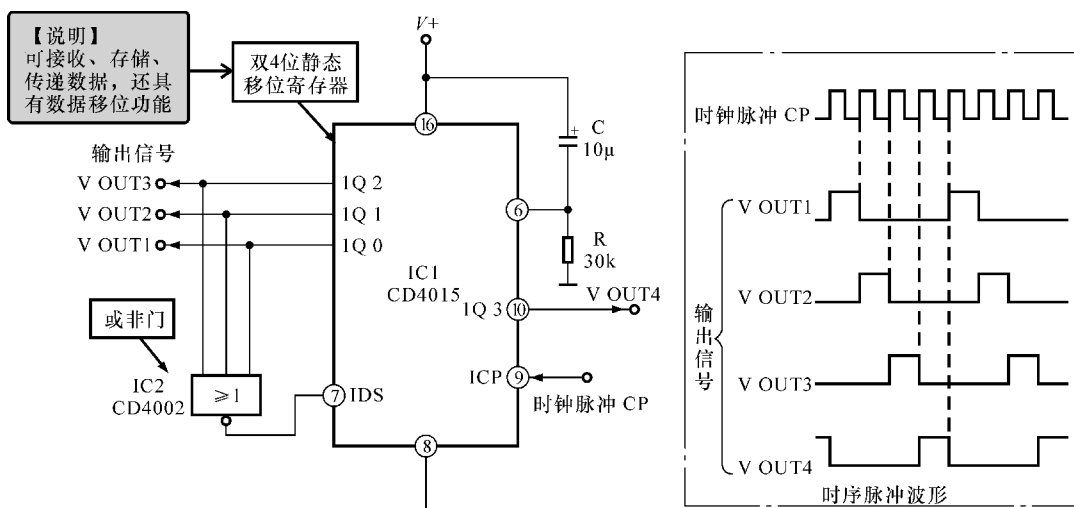


图 5-28 一个典型的时序脉冲发生器电路



结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

时钟脉冲从移位寄存器 IC1 (CD4015) 的 CP 端 (时钟脉冲) 加入，或非门 IC2 (CD4002) 将 IC1 的 1Q 2、1Q 1、1Q 0 输出信号反馈至 IC1 的 1DS 端。这样在时钟脉冲信号的作用下，可获得图中所示的时序脉冲。输出信号的频率和脉冲宽度相同，只是相位不同。

5.2.6 搞定对“锯齿波信号产生电路”的识图分析



对于锯齿波信号产生电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍锯齿波信号产生电路识读方法。

1. 锯齿波信号产生电路的特点

锯齿波信号产生器实际上就是张弛振荡器的延伸与运用，图 5-29 所示为典型的张弛振荡器及其输出电压波形。如果运算放大器的输入端在 $+/-$ 电压之间切换，则输出端会有三角波信号，利用这个特点可以组成所需要的振荡电路。

当开关切换在位置 1 时，施加的是负电压，此时输出的是正相斜坡电压；当开关切换在位置 2 时，此时输出的是负相斜坡电压。如果开关以固定的时间间隔来回切换，则输出的是由交替的正相和负相斜坡电压所组成的三角波。

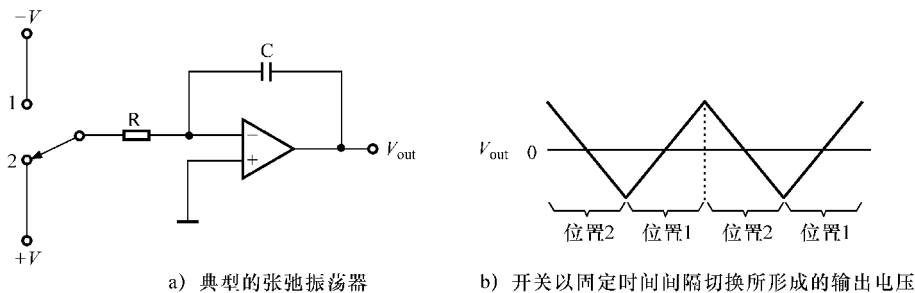


图 5-29 典型的张弛振荡器及其输出电压波形

张弛振荡器的一种实际应用是使用电压比较器来执行切换功能，图 5-30 所示为使用了两个运算器的三角波振荡器。

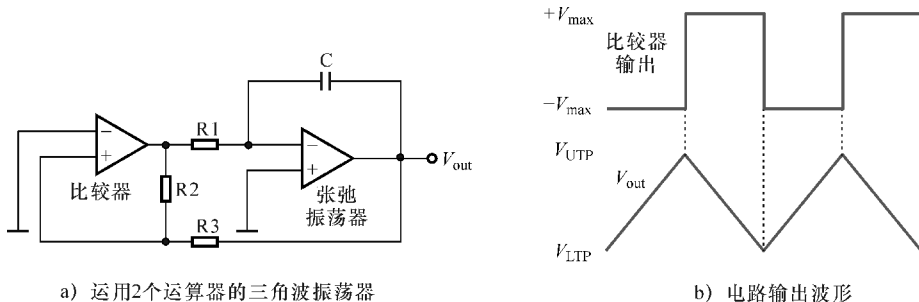


图 5-30 使用了两个运算器的三角波振荡器



由图 5-30 可见, 首先假设比较器的输出电压为负电位最大值, 此时输出经由 R_1 接到张弛振荡器的反相输入端, 在张弛振荡器的输出端产生正相斜坡电压。当斜坡电压值到达上触发点时, 比较器的输入端也得到正电位最大值。此正电位使张弛振荡器的斜坡电压从最高点逐渐下降, 并改变到负电压方向。斜坡电压在这一个方向持续下降, 一直到比较器的下触发点为止。然后比较器的输入也降到负电位最大值, 持续重复此循环, 即可输出连续的三角波。

当张弛振荡器的输入端采用可调的直流控制电压时, 三角波振荡器就成为了锯齿波振荡器。电压控制信号可以是正弦波或非正弦波, 如果输入信号端采用可控晶闸管 VS 与反馈电容并联, 可使每个斜坡电压截止在指定的电平上, 如图 5-31 所示。

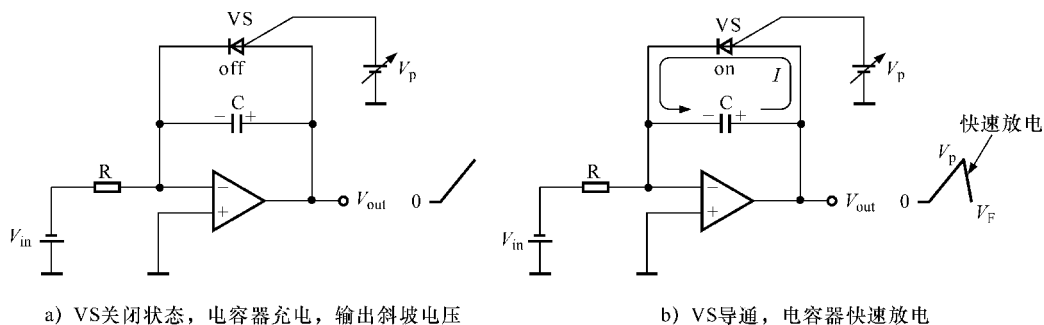


图 5-31 电压控制锯齿波振荡器

由图 5-31 可见, 首先, 锯齿波振荡器一开始是负直流输入电压 $-V_{in}$ 在输出端产生正相斜坡。当可控单结晶闸管的阳极的输出斜坡电压超过栅极电压 $0.7V$ 时, 单结晶闸管便会触发导通。栅极电压的设定值约略等于预期的锯齿波峰值电压。当 VS 导通, 电容快速放电, 如图 b 所示。因为可控晶闸管 VS 正相电压 V_F 的关系, 电容器并不会完全放电到零。放电过程一直持续到 VS 的电流低于保持电流。此时单结晶闸管会截止, 而电容器再次开始充电, 由此产生新的输出斜坡电压。不断重复这种循环, 输出的信号就会是一个重复的锯齿状波形, 锯齿波的振幅和周期可以由改变 VS 栅极电压来调整。

2. 典型彩色电视机中的锯齿波信号产生器 (LA7837) 的识图训练

锯齿波信号产生电路是彩色电视机场扫描中不可缺少的电路。图 5-32 所示为东芝 2150 彩电场输出级电路的结构, 可以看到, 该电路主要是由场输出集成电路 (锯齿波信号产生电路) Q301 (LA7837) 及外围电路构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

+27V 主电源供电加到锯齿波信号产生电路 Q301 (LA7837) 的⑧脚, 该集成电路启动工作。

来自前级电路 (场扫描信号产生电路) 的场脉冲送到 Q301 (LA7837) 的②脚, 在该集成电路中先经锯齿波信号形成电路处理, 再经放大器放大, 最后经输出级功率放大后由 Q301 的⑫脚输出峰值约 54V 的扫描信号, 用于驱动场偏转线圈工作。



5.3 轻松搞定对“脉冲信号转换电路”的识图训练



结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

当电源电压加到电路中，为施密特触发器供电后，该触发器便起动工作。当输入交流正弦波信号时，输入的正弦波经耦合电容器 C 后，被偏置电阻器 R1、R2 偏置在阈值电压 V_0 与 V_p 之间，经施密特触发器进行整形、变换处理后，在其输出端产生一个方波，实现信号波形从正弦波到方波的转换。

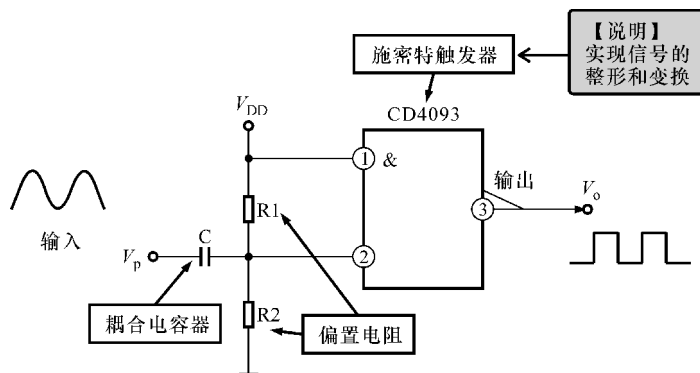


图 5-33 典型正弦波/方波转换电路

5.3.2 搞定对“窄脉冲形成电路”的识图分析



对于窄脉冲形成电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍窄脉冲形成电路识读方法。

图 5-34 所示为一种窄脉冲形成电路，可以看到，该电路主要是由触发器 SN7400、耦合电容器 C 和偏置电阻器 R1、R2 构成的。

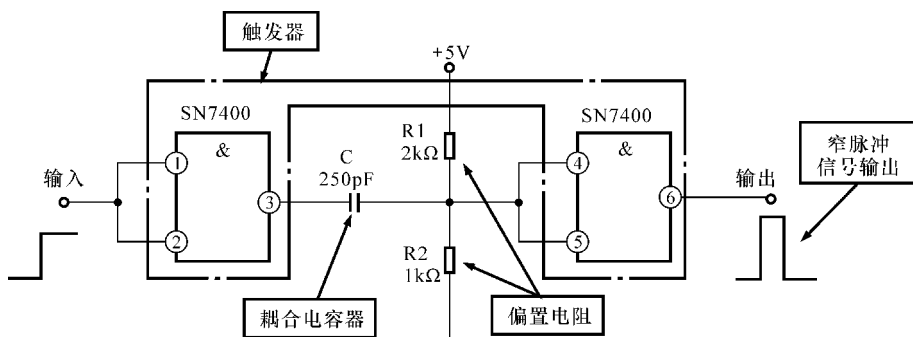


图 5-34 一种窄脉冲形成电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当电源电压加到电路中，为触发器供电后，触发器起动工作。

该电路使用微分电路的方法，利用正脉冲输入的上升沿产生的尖峰脉冲进行整形，即可得到一个窄脉冲。输出脉冲的宽度由微分电路的时间常数与门电路的阈值电压来决定。

5.3.3 搞定对“脉冲延迟电路”的识图分析



对于脉冲延迟电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍脉冲延迟电路识读方法。



图 5-35 所示为一个典型脉冲延迟电路,可以看到,该电路由两个反相器 A1、A2 和 RC 积分电路构成。

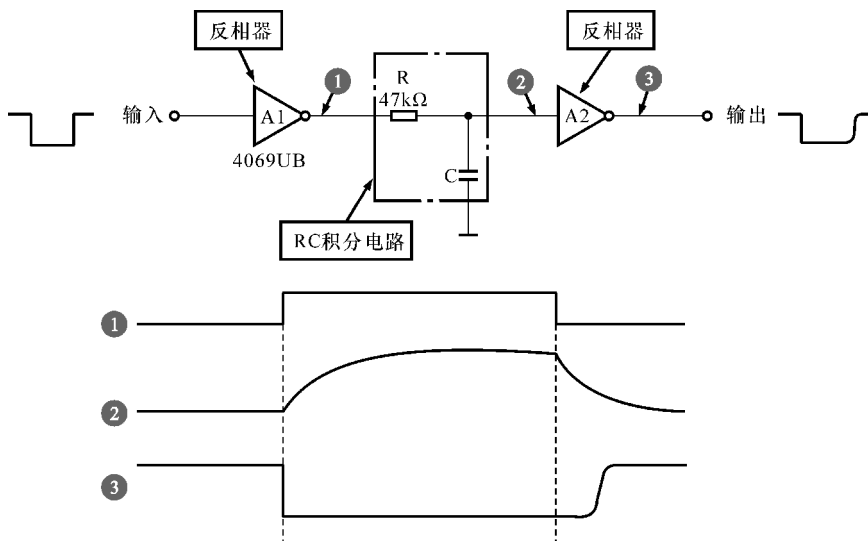


图 5-35 一个典型脉冲延迟电路

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

当电源电压加到电路中,反相器起动工作。

当在电路输入端输入一个脉冲信号时,经反相器 A1 反相放大后输出,该反向放大后的脉冲信号经 RC 积分电路产生延迟,延迟后的脉冲信号,再经反相器 A2 反相放大后输出,由此在输出端得到一个经延迟处理的脉冲信号。

通过案例搞定“电源电路”的识读



现在，开始进入第 6 章的学习。本章，我们主要学习电源电路的识读方法。电子电路想要正常工作，需要为各个组成电路提供适合的直流电压，然而生活、生产用电通常为交流 220V 或 380V，因此在电子电路中都设有电源电路来将交流 220V 电源转换成多种直流低压。下面我们就先来了解一下电源电路的特征，在了解电源电路的功效、结构、特点的基础上，再通过实例对不同的电源电路进行识读训练。

6.1 看一看，电源电路有什么特征



电源电路是电子电路中最常见、最基本的功能电路，根据电路结构的不同，电源电路可分为简单直流电源电路、线性稳压电源电路和开关电源电路三种，下面就来为大家讲解一下电源电路的功效以及三种电源电路的特征。

6.1.1 别急！先搞清电源电路的功效是什么



电源电路可将交流 220V 市电经过一系列处理，转换成其他电路所需要的工作电压，保证电子产品能够正常工作，因此可将电源电路看作是电子产品的能源供给部分。电源电路的基本功能如图 6-1 所示。

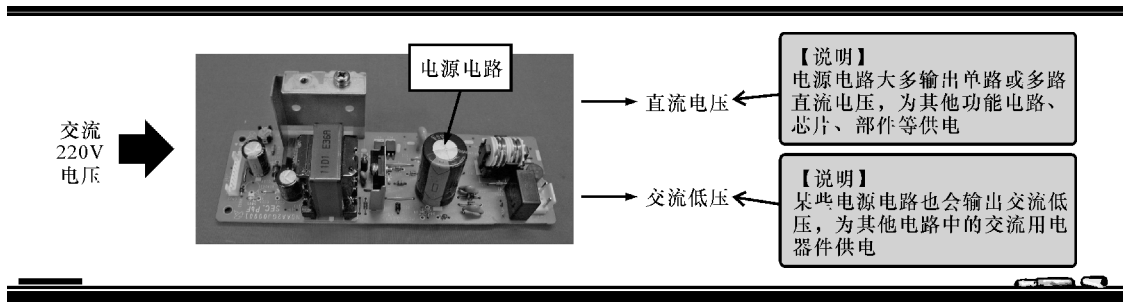


图 6-1 电源电路的基本功能

图 6-2 所示为电源电路在电磁炉中的应用。该电磁炉内设置的是线性电源电路，用来为电磁炉的各单元电路和功能部件提供所需要的各种电压。

6.1.2 开始！了解简单直流电源电路的特征



简单直流电源电路结构十分简单，组成元件也比较少，常用于小型电子产品中。交流 220V 电压在简单直流电源电路中进行降压、整流和滤波处理后，便可变为直流电压。

图 6-3 所示为典型的简单直流电源电路，该电路主要是由降压变压器、整流二极管



和滤波电容器等元器件构成的，结构组成十分简单。

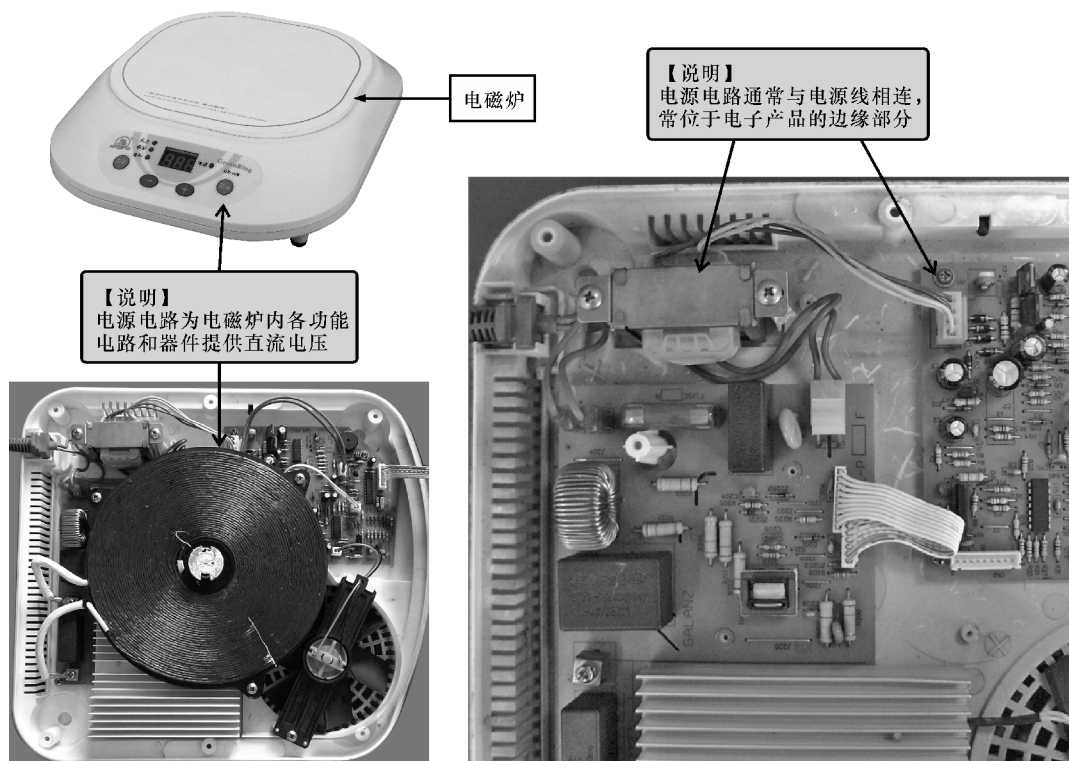


图 6-2 电源电路在电磁炉中的应用

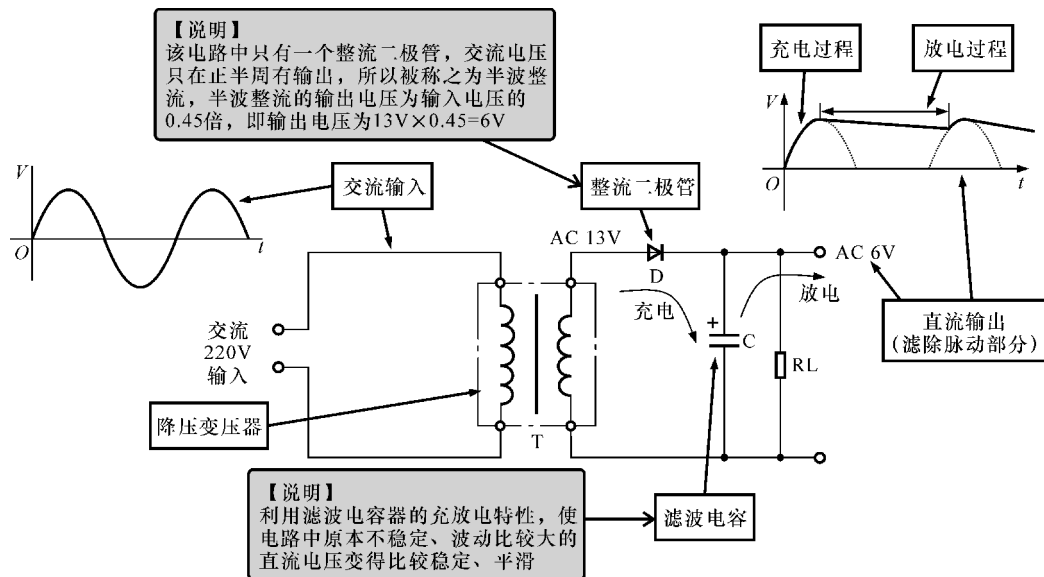


图 6-3 典型的简单直流电源电路



输入的交流 220V 电压经降压变压器 T 降压后输出 13V 交流低压，该电压经整流二极管 D 整流后输出脉动直流电压，经滤波电容滤除脉动部分后输出比较稳定的直流电压（6V）。

6.1.3 了解线性稳压电源电路的特征



线性电源电路的电路结构比较简单，可靠性高，目前在科研、家电、工厂等产品中都有广泛的应用。线性电源电路通常先对交流电压进行初步滤波，然后通过降压、整流、滤波后得到波纹很小的直流电压，最后再由稳压电路稳压后输出稳定的直流电压。在电路的稳压部分有时也会设置检测保护电路，当负载发生短路故障时，用来保护稳压电路不受影响。图 6-4 所示为线性稳压电源电路的基本工作流程。

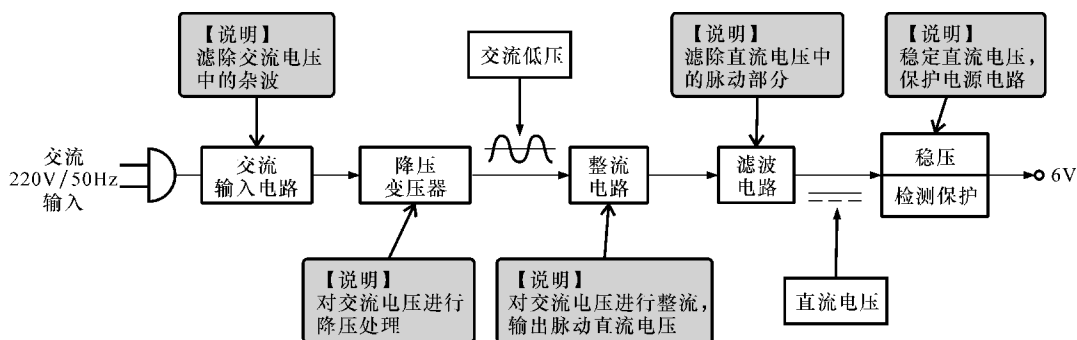


图 6-4 线性稳压电源电路的基本工作流程

1. 线性稳压电源电路的结构

图 6-5 所示为典型线性稳压电源电路的结构。从图中我们可以看出，该线性电源电路是由降压变压器、桥式整流堆、滤波电容以及三极管、稳压二极管等元件组成的。

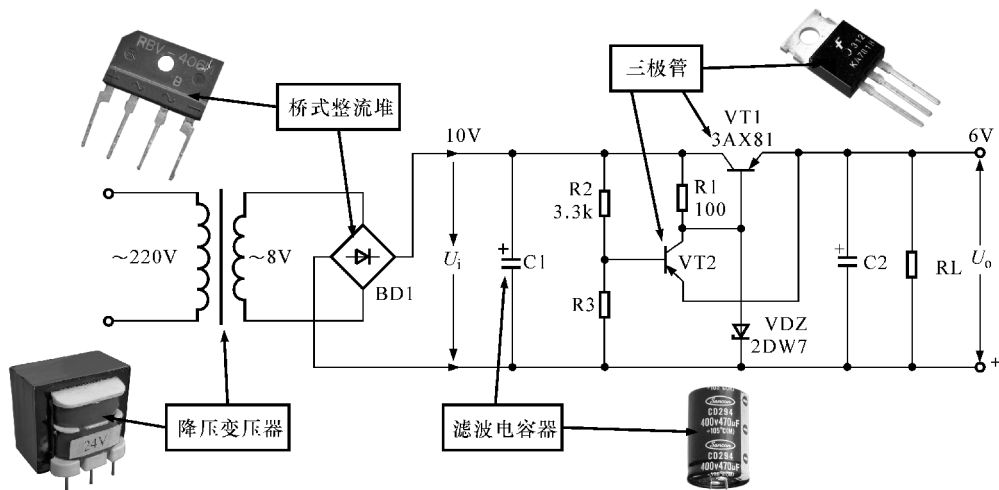


图 6-5 典型线性稳压电源电路的结构



2. 划分线性稳压电源电路

图 6-6 所示为典型线性稳压电源电路的单元划分图。根据电路中各主要部件的功能特点，我们将该电路划分成三个部分，即交流输入电路、整流滤波电路和稳压输出电路。

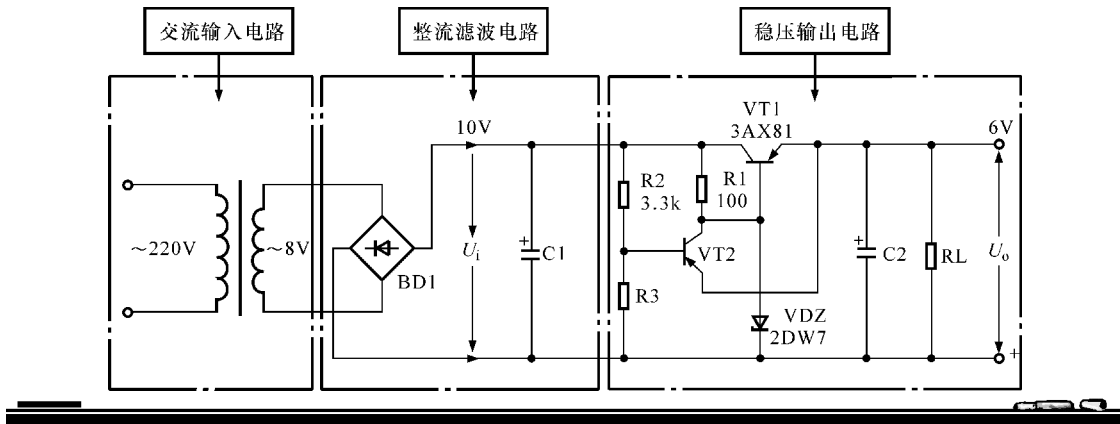


图 6-6 典型线性稳压电源电路的单元划分图

(1) 交流输入电路

图 6-7 所示为线性稳压电源电路的交流输入电路部分。在交流输入电路中，主要是由变压器构成的，变压器的左侧有交流 220V 的文字标识，右侧有交流 8V 的文字标识，这说明，变压器的左侧端（一次绕组，又称初级绕组）接交流 220V，右侧端（二次绕组，又称次级绕组）输出的是交流 8V。

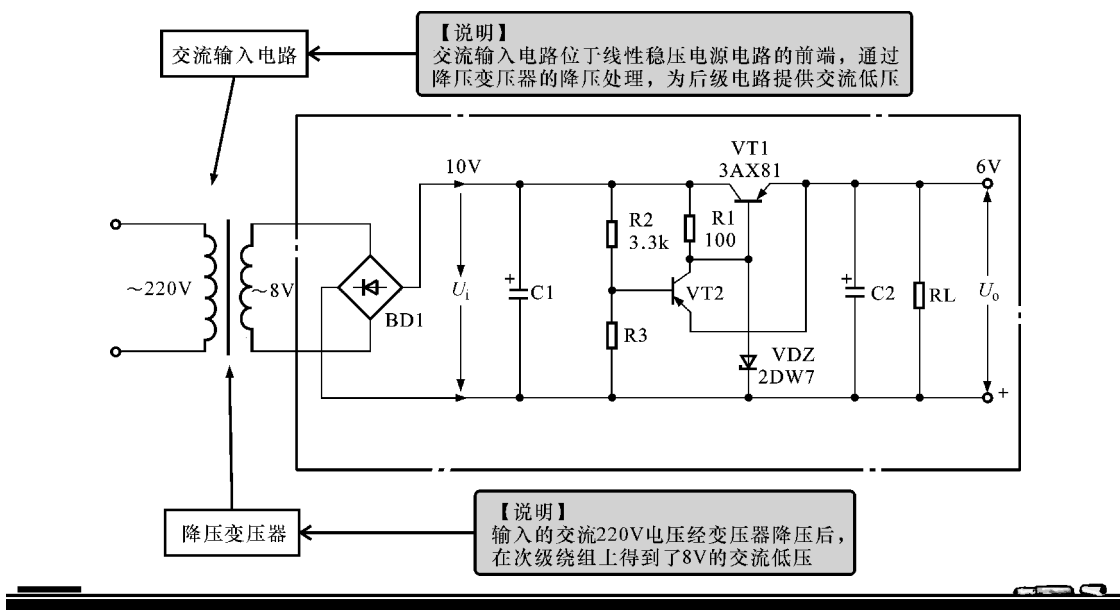


图 6-7 线性稳压电源电路的交流输入电路部分

(2) 线性稳压电源电路的整流滤波电路

图 6-8 所示为线性稳压电源电路的整流滤波电路部分。在整流滤波电路中，主要是由桥式整流堆 BD1、滤波电容器 C1 组成的。该桥式整流堆的上下两个引脚分别连接降压变压器的次级输



出端，左右引脚输出直流 10V 电压，滤波电容将输出的 10V 脉动直流电压进行平滑滤波。

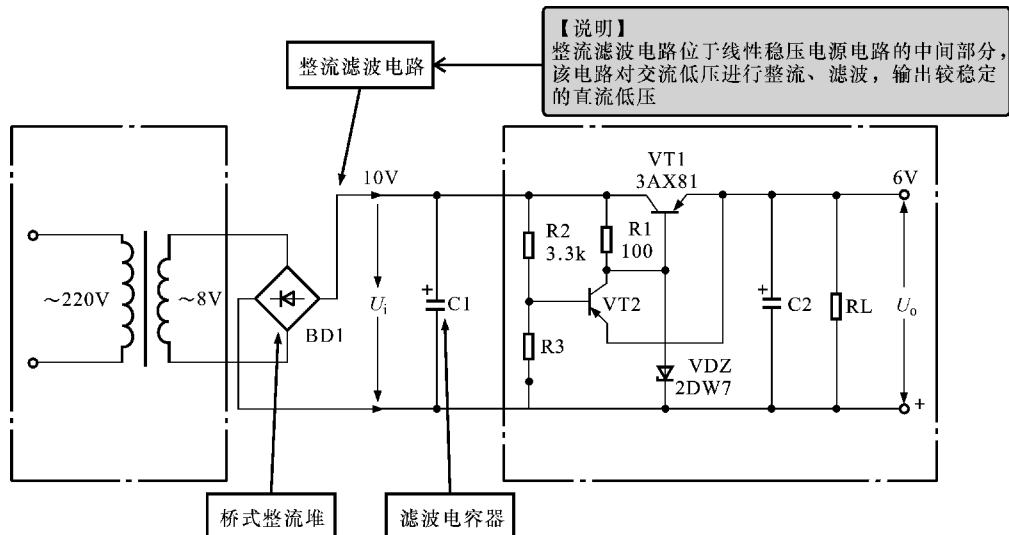


图 6-8 线性稳压电源电路的整流滤波电路部分

(3) 稳压输出电路

图 6-9 所示为线性稳压电源电路的稳压输出电路部分。该稳压输出电路分为两部分，分别为稳压电路和检测保护电路。其中，稳压电路部分由 VT1、VDZ 和 RL 构成，输出检测和保护电路由 VT2 和偏置元件构成。

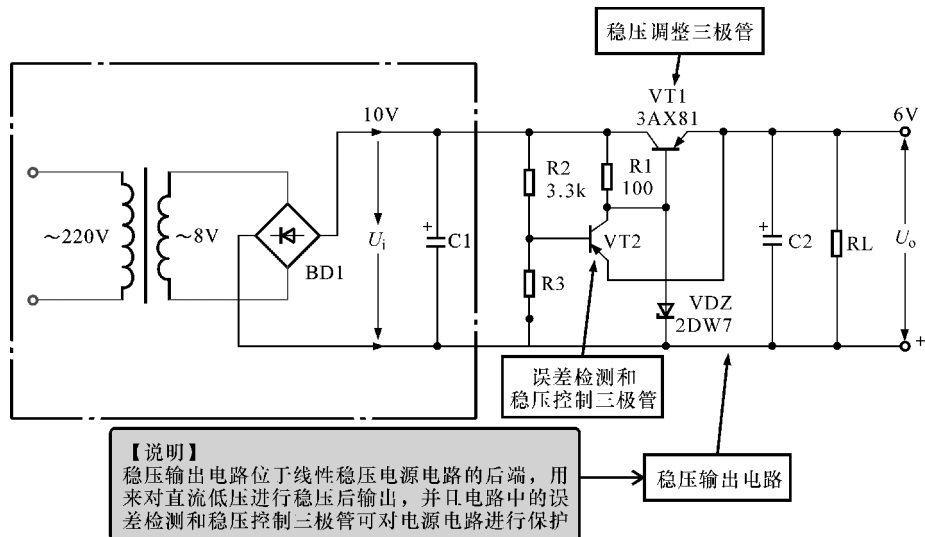


图 6-9 线性稳压电源电路的稳压输出电路部分

当稳压电路正常工作时，VT2 发射极电位等于输出端电压。而基极电位由 U_i 经 R2 和 R3 分压获得，发射极电位低于基极电位，发射结反偏使 VT2 截止。

当负载短路时，VT2 的发射极接地，发射结转为正偏，VT2 立即导通，而且由于 R2 取值小，一旦导通，很快就进入饱和。其集电极—射极饱和压降近似为零，使 VT1 的基极—射极之间的



电压也近似为零, VT1 截止, 起到了保护调整管 VT1 的作用。而且, 由于 VT1 截止, 对 U_i 无影响, 因而也间接地保护了整流电源。一旦故障排除, 电路即可恢复正常。



【资料】

在一些线性稳压电源电路中, 通常还会使用三端稳压器来代替稳压调整三极管, 稳压调整三极管和外围元器件都集成在三端稳压器中, 在电路中都是对整流滤波电路输出的电压进行稳压。图 6-10 所示为采用三端稳压器的线性稳压电源电路。

图中的 U1 是用于 +5V 稳压的集成三端稳压器 (型号 7805), 这种集成电路有三个引脚, 输入电压为 13.5V, 输出 5V。

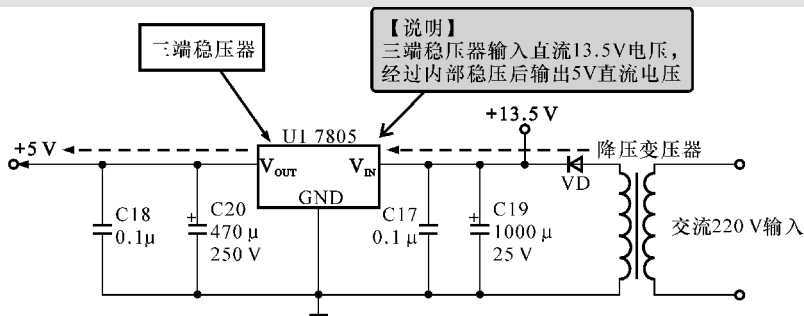


图 6-10 采用三端稳压器的线性稳压电源电路

6.1.4 了解开关电源电路的特征



线性稳压电源电路结构简单, 但电源变压器和滤波电容体积大、笨重且效率低, 这是一大缺点, 原因是变压器工作在频率 50Hz 的低频环境。要使变压器体积小, 就必须提高变压器的工作频率, 开关电源就是先将交流 220V 电压变成直流, 再经开关振荡电路变成高频脉冲, 对高频脉冲进行变压、整流和滤波, 这样变压器和滤波电容器的体积就能大大减小, 损耗也能随之减小, 效率得到提高。

图 6-11 为开关电源电路的基本工作流程图。

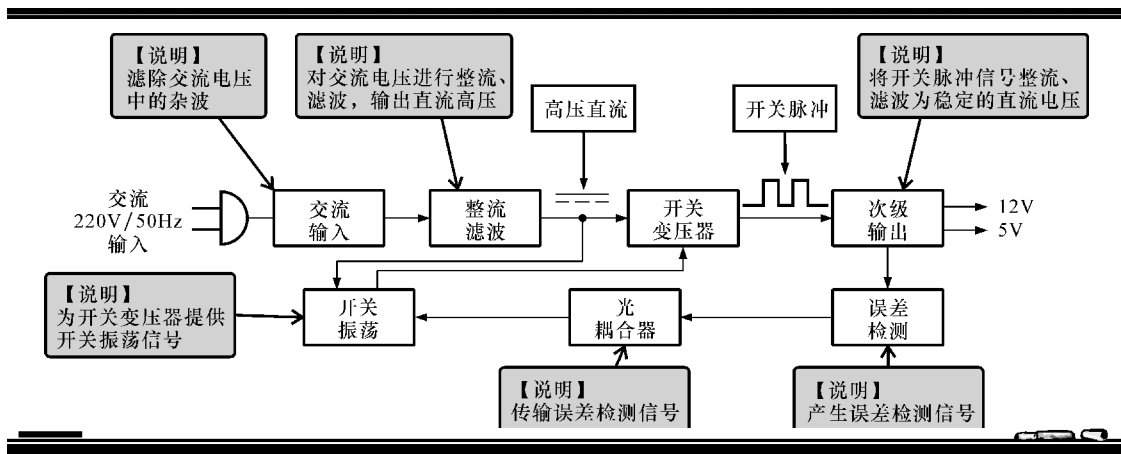


图 6-11 开关电源电路的基本工作流程图

1. 开关电源电路的结构

图 6-12 所示为典型开关电源电路的结构。该电路主要是由熔断器 F101、互感滤波器 LF101、桥式整流堆 BD101、滤波电容器 C101、开关场效应晶体管 Q101、开关振荡集成电路 U101、开关

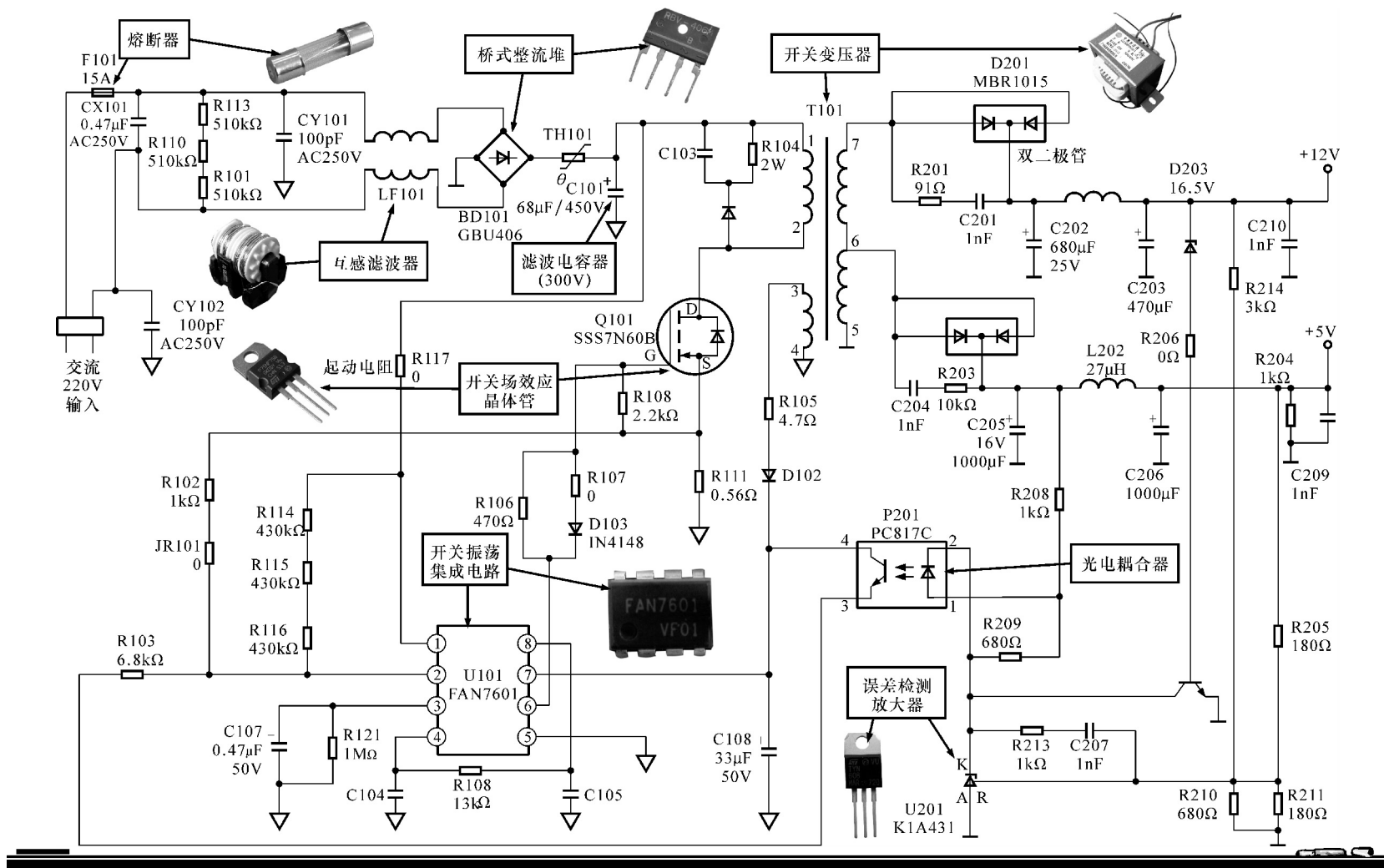


图 6-12 典型开关电源电路的结构



变压器 T101、光电耦合器（标准名称为光耦合器）P201、误差检测放大器 U201（KIA431）以及外围元器件等构成的。

2. 划分开关电源电路

根据开关电源电路中主要部件的功能特点，通常可将该电路划分为交流输入电路、整流滤波电路、开关振荡电路、次级输出电路和误差检测电路。

（1）交流输入电路

交流输入电路部分是由熔断器 F101、互感滤波器 LF101 以及电容器、电阻器等构成的，其主要功能是滤除交流电路中的噪声和脉冲干扰，如图 6-13 所示。

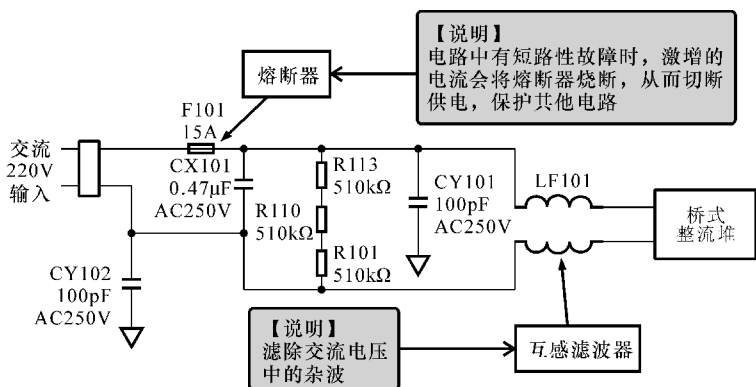


图 6-13 交流输入电路部分

该电路的左侧为交流输入端，交流 220V 电压送入电路内部，经熔断器 F101，送入互感滤波器 LF101，滤除交流电压中的杂波后输出。

（2）整流滤波电路

图 6-14 所示为整流滤波电路部分，该电路单元主要是由桥式整流堆 BD101、滤波电容 C101 组成的。

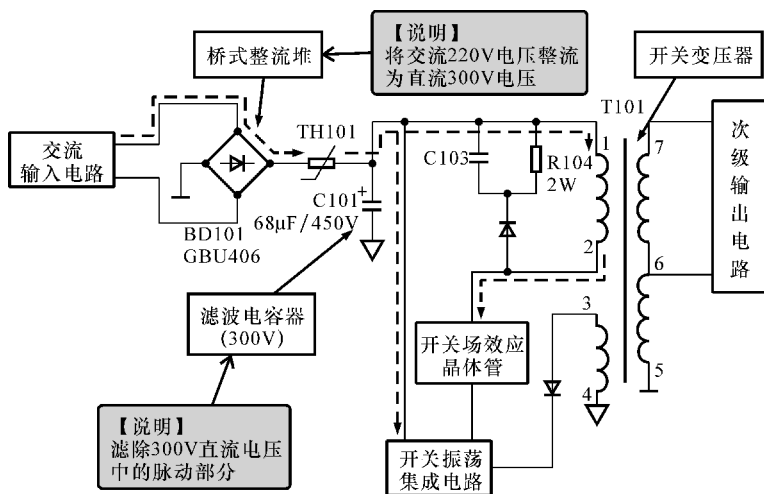


图 6-14 整流滤波电路部分



交流 220V 电压由桥式整流堆 BD101 整流后变为 300V 直流电压，再经滤波电容器 C101 滤波后，一路经开关变压器 T101 的初级绕组①~②位点加到开关场效应晶体管上，另一路为开关振荡集成电路提供起动电压。

(3) 开关振荡电路

图 6-15 所示为开关振荡电路部分，该电路单元主要是由开关场效应晶体管 Q101，开关振荡集成电路 U101 以及外围元器件构成的。

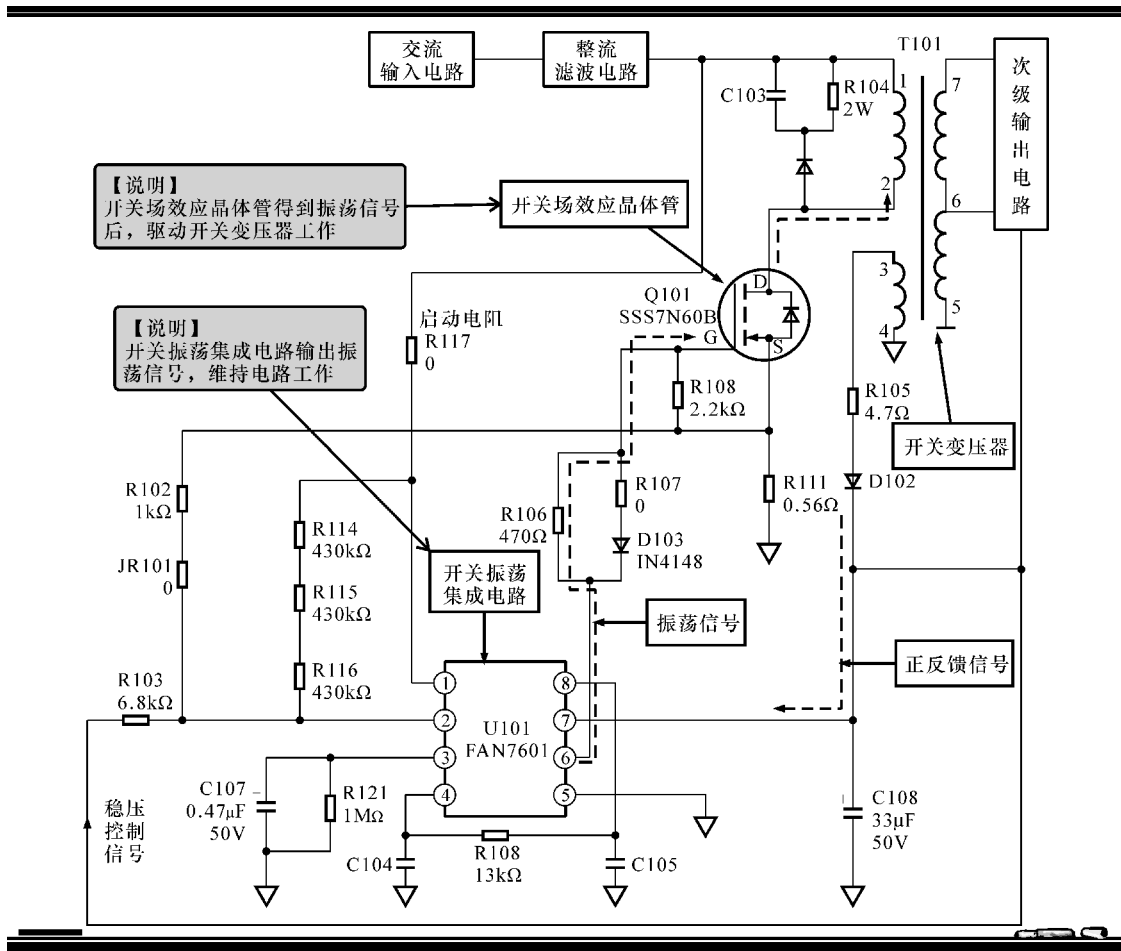


图 6-15 开关振荡电路部分

直流 300V 电压经开关变压器 T101 初级绕组①~②位点加到开关场效应晶体管 Q101 的漏极 D，Q101 的源极 S 经 R111 接地，栅极 G 受开关振荡集成电路 U101 的⑥脚控制。

另一路直流 300V 电压为 U101 的①脚提供起动电压，使 U101 中的振荡器起振，为 Q101 的栅极 G 提供振荡信号，于是 Q101 开始振荡，使开关变压器 T101 的初级绕组中产生开关电流。开关变压器的次级绕组③、④位点中便产生感应电流，③脚的输出经整流、滤波后形成正反馈电压加到 U101 的⑦脚，从而维持振荡电路的工作，使开关电源进入正常工作状态。

(4) 次级输出电路

图 6-16 所示为次级输出电路部分，该电路单元主要是由开关变压器 T101 的次级绕组、双二极管、滤波电容、电感器等元件组成的。

开关变压器 T101 的次级绕组输出开关脉冲信号，经整流、滤波电路后输出 +12V 和 +5V 直流电压。



(5) 误差检测电路



图 6-17 误差检测电路部分



误差检测电路设在 +5V 的输出电路中, R205 与 R211 的分压点作为取样点。当输出电压异常升高时, 经取样电阻分压加至 U201 的 R 端电位升高, U201 的 K 端电压则降低, 使流经光电耦合器 P201 内部发光二极管的电流增大, 其发光管亮度增强, 光敏三极管导通程度增强, 开关振荡集成电路根据该信号, 使其内部振荡电路降低输出驱动脉冲占空比, 使开关场效应晶体管 Q101 的导通时间缩短, 输出电压降低。

同样的, 若电路输出电压降低, 则 U101 输出驱动脉冲占空比升高, 这样使输出电压保持稳定。

6.2 轻松搞定对“简单直流电源电路”的识图训练



对于“简单直流电源电路”的识读, 我们应先了解电路的结构组成, 然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点, 对电路的信号流程进行分析。下面, 我们将通过实例详细介绍“简单直流电源电路”的识读方法。

6.2.1 搞定对“电容降压直流电源电路”的识图分析



“电容降压直流电源电路”中没有采用降压变压器对交流电压进行降压, 而是采用电容器降压, 使电路的体积大大减小, 如图 6-18 所示。从图中可以看出, 电容器 C1 为降压电容, VD1、VD2 为倍压整流二极管, R1 为限流电阻, C2 为滤波电容。

找到了该电路中的主要元器件后, 便可对电路进行识读。通过对电路的分析, 我们可以识读出: 交流 220V 电压经 C1 降压和 VD1、VD2 整流后, 由电阻 R1 限流和稳压二极管管 VD3 稳定输出 6V 直流电压, 再经过滤波电容滤除电压中的脉动部分后, 送到后一级电路中。

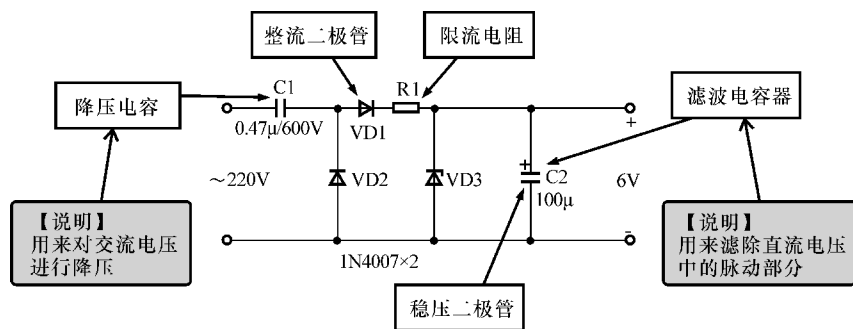


图 6-18 电容降压直流电源电路

6.2.2 搞定对“全波整流电路”的识图分析



全波整流电路如图 6-19 所示, 其中的变压器次级设有两组绕组, 中心抽头作为公共接地点, 相当于两组半波整流电路合在一起。该电路主要由降压变压器 T、整流二极管 D1 和 D2、电感器 L、滤波电容器 C 组成。

找到了该电路中的主要元器件后, 便可对电路进行识读。通过对电路的分析, 我们可以识读出: 交流电压的正半周由 D1 整流输出, 负半周由 D2 整流输出, 两输出相加就得到全波整流的效果, 输出电压为半波整流的 2 倍。



在滤波电路中采用了 LC 滤波器。由于电感器的直流电阻小、交流阻抗大，有阻碍电流变化的特性，因此直流分量经过电感后基本上没有损失，但对于交流分量，将在 L 上产生电压降，从而降低输出电压中的脉动部分。

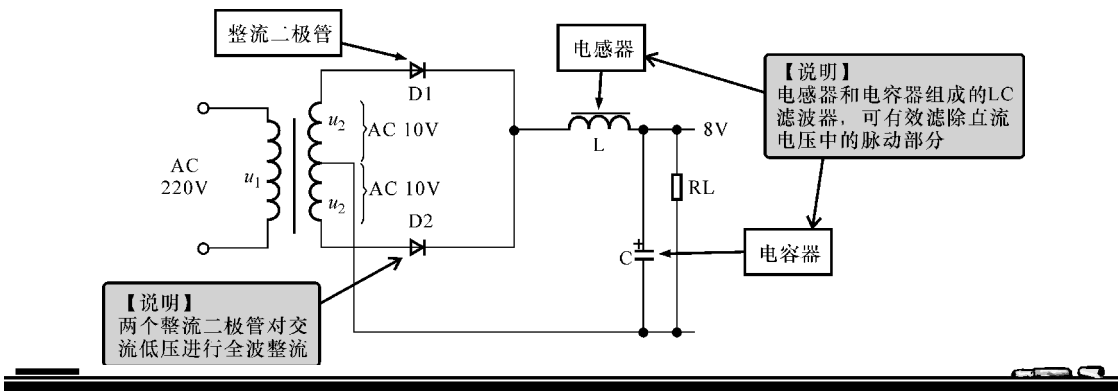


图 6-19 全波整流电路

提
问

交流电压不是只有正半周有输出吗？那在全波整流电路中为什么说负半周由 D2 整流输出呢？



115



变压器次级绕组以中心抽头为参照点，两端输出对称的交流信号，交流输入的正半周 u_2 的上端为正极性，D1 为正偏压导通，交流输入的负半周 u_2 下端输出反相，使 D2 为正偏压而导通。两个二极管分别工作在正、负半周，两者输出相加就得到全波信号。

回
答

6.3 轻松搞定对“线性稳压电源电路”的识图训练



对于“线性稳压电源电路”的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍“线性稳压电源电路”的识读方法。

6.3.1 搞定对“步进式可调集成稳压电源电路”的识图分析



“步进式可调集成稳压电源电路”中设有挡位开关，可以通过调节不同的挡位，改变三端稳压器调整端的输入电压，从而改变三端稳压器的输出电压，实现输出直流电压可调的目的。

图 6-20 所示为步进式可调集成稳压电源电路，它以三端集成稳压器 LM317 为核心，并设置有挡位开关 S1、发光二极管等功能元件。找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当改变开关 S1 的位置时，三端集成稳压器 LM317 的调整端便会接入不同的分压电路，从而改变 LM317 自身的工作状态，输出不同大小的直流电压。

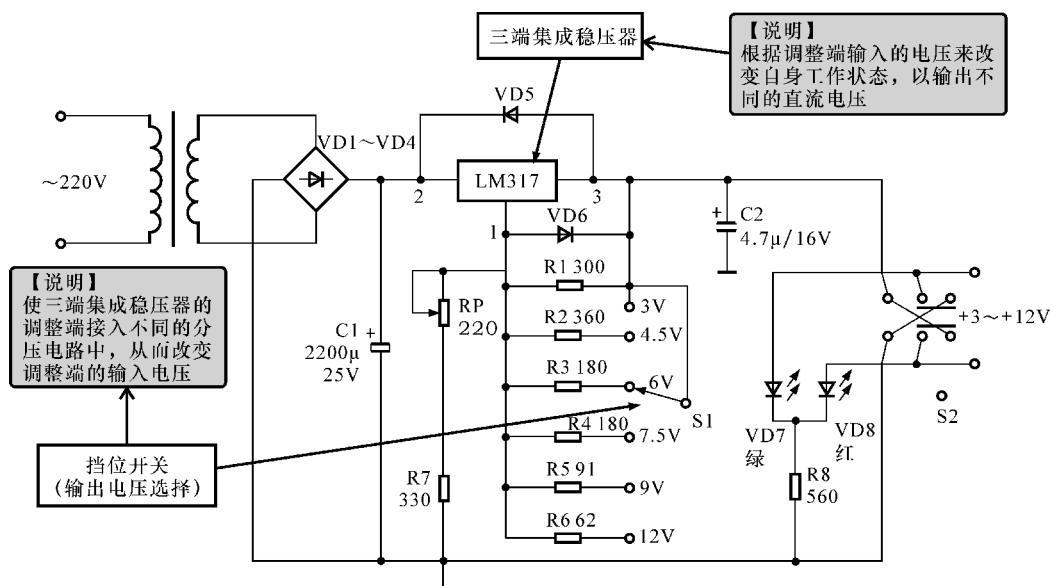


图 6-20 步进式可调集成稳压电源电路

6.3.2 搞定对“具有过电压保护功能的直流稳压电源”的识图分析



在电子电路中常用到直流稳压电源电路，但一般的电源电路的负载发生短路时，很容易烧坏电路中的主要器件，也容易引起输出电压过高而烧坏用电负载。为了克服上述不足，提高稳压电源工作的安全可靠，可采用图 6-21 所示的具有过电压保护功能的直流稳压电源电路。

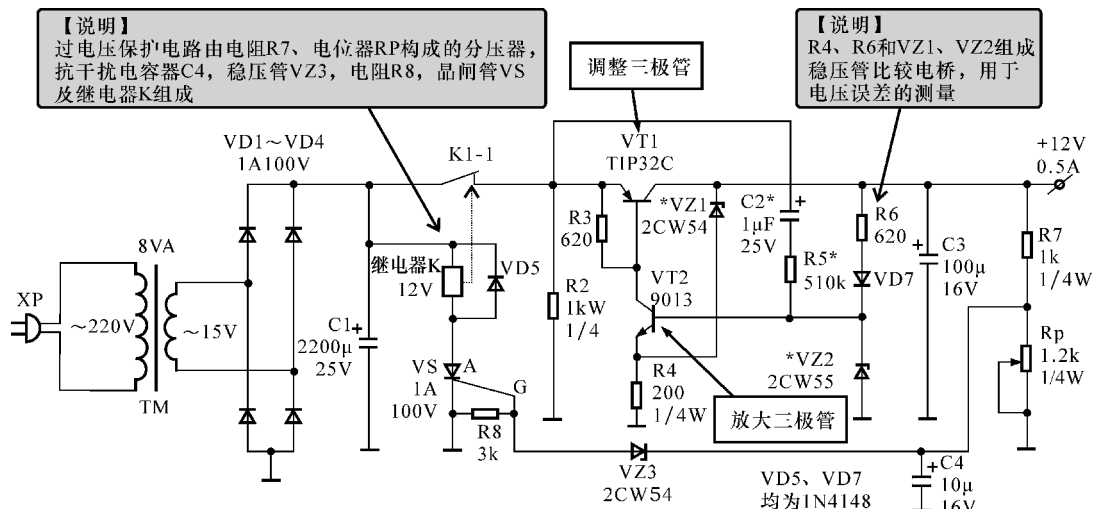


图 6-21 具有过电压保护功能的直流稳压电源电路

此电源电路的调整管 VT1、放大管 VT2 采用不同类型的三极管。VT1 用 PNP 管，VT2 用 NPN 管。电阻器 R4、R6 和稳压管 VZ1、VZ2 组成稳压管比较电桥，用于电压误差的测量，其优



点是测量灵敏度高、输出电阻小,可给放大管提供较大的基极电流,有利于提高稳压精度。由C2、R5构成的启动电路是此稳压电源电路所特有的部分,如果没有启动电路,在接通电源后,VT1、VT2均处于截止状态,无输出电压。

附加的过电压保护电路,由电阻器R7、电位器RP构成的分压器,抗干扰电容器C4,稳压管VZ3,电阻器R8,晶闸管VS及继电器K组成。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:当输出电压因某种故障原因升高到超过RP所设定的值时,VZ3发生击穿,晶闸管VS被触发导通,继电器K得电动作,其常闭(动断)触点K1-1断开,保护了用电负载。过电压保护具有记忆性,只有切断输入电源,晶闸管才能恢复截止状态。排除过电压故障后,才能恢复正常供电。

6.4 轻松搞定对“开关电源电路”的识图训练



对于“开关电源电路”的识读,我们应先了解电路的结构组成,然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点,对电路的信号流程进行分析。下面,我们将通过实例详细介绍“开关电源电路”的识读方法。

6.4.1 搞定对“影碟机开关电源电路”的识图分析



典型影碟机中的电源电路如图6-22所示,其通常为开关电源电路形式。该影碟机开关电源电路主要由电源开关SW、熔断器F1、互感滤波器T1、桥式整流堆VD1~VD4、开关振荡集成电路IC1、开关变压器T2、误差检测放大器IC3、光耦合器IC2等组成。

117

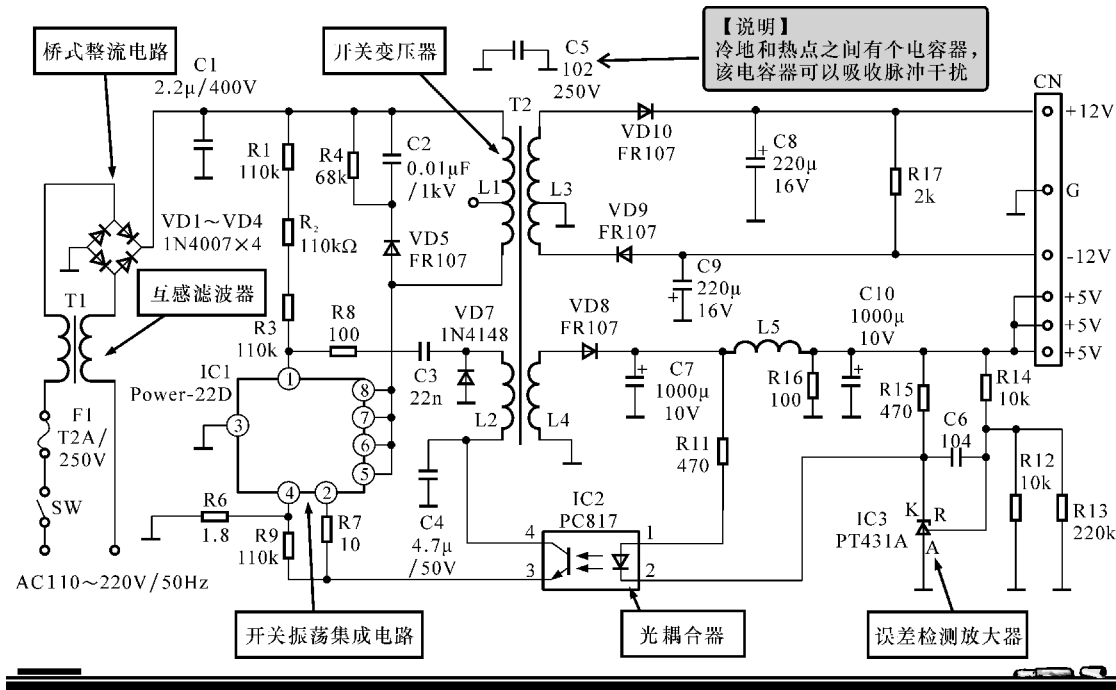


图 6-22 典型影碟机中的电源电路

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出以下单元电路。



1. 交流输入和整流滤波电路

220V 交流电压经滤波后由桥式整流堆 VD1 ~ VD4 和滤波电容 C1 构成的整流滤波电路进行整流, 然后输出约 300V 的直流电压, 并送到开关变压器的一次绕组 L1 上。

2. 开关振荡电路

300V 直流电压经开关变压器 T2 的一次绕组 L1 加到 IC1 的⑤脚 ~ ⑧脚, ⑤脚 ~ ⑧脚内接开关场效应晶体管的漏极。同时 300V 直流电压经 R1、R2、R3 等元件形成启动电压加到 IC1 的①脚, 使 IC1 内的振荡电路起振, 开关变压器 T2 的一次绕组中开始有开关电流产生。

T2 的二次绕组 L2 会感应出开关信号, L2 绕组的输出经整流滤波和稳压电路形成正反馈信号并叠加到 IC1 的①脚, 保持①脚有足够的直流电压以维持 IC1 中振荡电路的振荡, 使开关电路进入稳定的振荡状态。

3. 次级整流输出电路

开关变压器 T2 的二次绕组 (L3、L4) 的输出经整流滤波电路后分别输出 +12V、-12V、+5V 等电压。误差检测电路设在 +5V 输出电路中, +5V 输出端与地之间串接两个分压电阻 R14、R13, 其分压点作为误差电压取样端, 取样电压加到 IC3 的 R 输入端。光电耦合器 IC2 接在 IC3 的 K 端。当输出电压变化时, 会引起 IC2 中发光二极管的发光强度发生变化, 这样会使 IC2 中光敏三极管集电极和发射极之间的阻抗发生变化。IC2 的③端接在 IC1 的②脚、④脚, IC1 的②脚为稳压负反馈信号的输入端。这个环路可使输出电压得到稳压。

6.4.2 搞定对“机顶盒开关电源电路”的识图分析



图 6-23 所示为典型机顶盒的开关电源电路 (东仕 IDS—2000F)。该电路主要是由熔断器 F1、互感滤波器 LF1、滤波电容 C1、桥式整流堆 VD1 ~ VD4、滤波电容 C2、开关振荡控制集成电路 U1 TEA1523P、开关变压器 T1、光电耦合器、误差检测放大器 U3 TL431A、取样电阻 R14 和 R11 等部分构成的。

找到了该电路中的主要元器件后, 便可对电路进行识读。通过对电路的分析, 我们可以识读出: 交流 220V 电压经电容和互感滤波器滤除干扰后, 由桥式整流堆整流并输出约 +300V 的直流电压。直流 300V 经开关变压器 T1 的初级绕组① ~ ②为 U1 ⑧脚供电, 开关管集成在 U1 之中, 正反馈绕组③ ~ ④脚为 U1 提供电源和正反馈电压使 U1 进入开关振荡状态。开关变压器次级绕组⑦ ~ ⑧和⑤ ~ ⑥脚分别经整流滤波和稳压电路, 输出 3.3V、5V、21V 和 30V 直流电压。

误差检测电路主要是由误差检测放大器和光电耦合器等部分构成, 当输出电路有过载的情况时, 其反馈信号经光耦合器到达 U1 的④脚, 对 U1 的振荡输出进行控制, 实现保护目的。

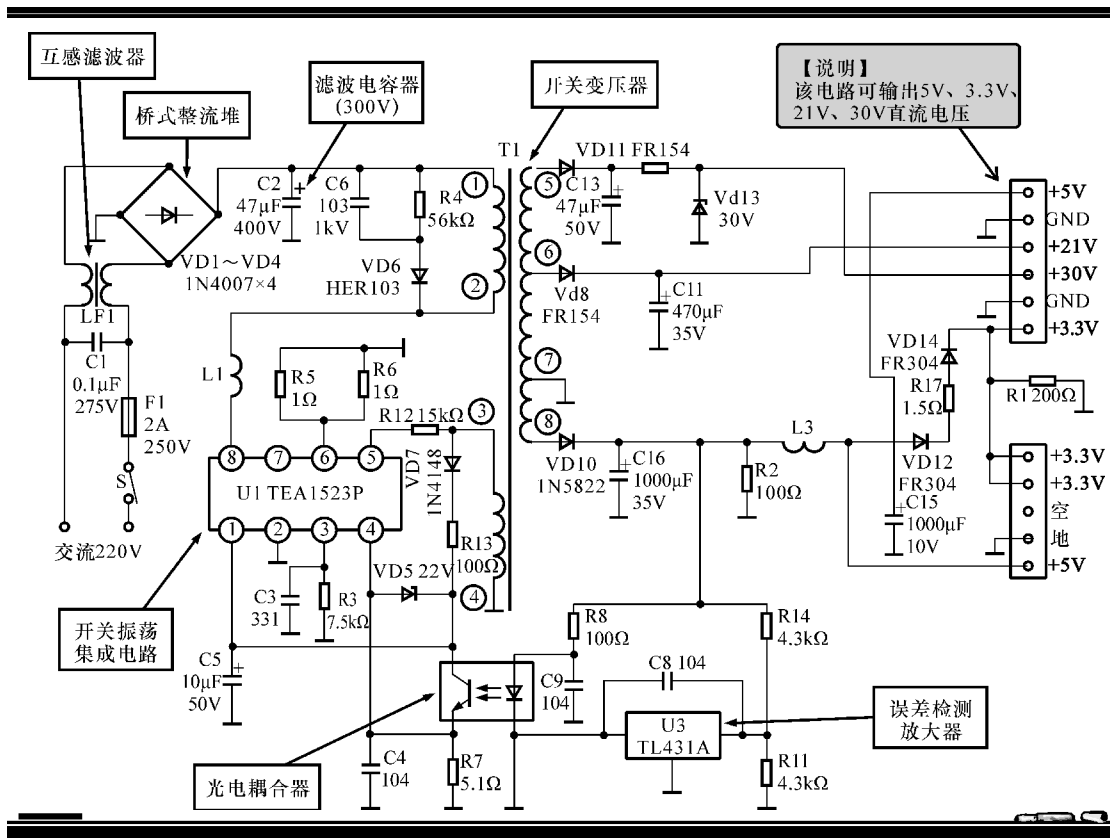


图 6-23 典型机顶盒的开关电源电路 (东仕 IDS—2000F)

通过案例搞定“变换电路”的识读



现在，开始第 7 章的学习。本章我们要掌握变换电路的识图技能。学习变换电路的识读，首先要对变换电路的特征有所了解，为此我们特别选取典型变换电路作为识图案例对大家进行讲解，然后，在此基础上挑选了数十种常见的变换电路，从这些电路的特点入手，逐一进行识图训练，以案例演示的方式引导大家完成对变换电路的识图练习。相信经过这大量实用变换电路的识图实训案例，大家一定能掌握过硬的变换电路识图本领。

7.1 看一看，变换电路有什么特征



在电子设备中，由于每个电路所需要的电流、电压、频率、直流、交流、信号类型（模拟信号或数字信号）可能有所不同，因此在这些电路中，就需要用相应的电路对这些信号等进行变换或转换，即变换电路。

通俗的讲，变换电路可以将前级电路输入的电路参量变换或转换成后级电路所需的其他类型参量。根据变换参量类型的不同，变换电路的结构原理也不相同。例如，完成交流与直流变换的电路称为交直流变换电路，完成数字与模拟量转换的电路称为数模转换电路。

7.1.1 别急！先搞清变换电路的功效是什么



变换电路可以实现不同类型物理量的变换，变换的目的是实现电路需求，因此，变换电路的基本功能就是通过一系列的变换，最终输出符合电子产品电路需求的物理量或电量，达到满足电子产品工作需求。

图 7-1 为变换电路的功能示意图。从图中可以看到，在实际应用中，交直流电压、交直流电流以及数字与模拟信号是变换电路的主要变换（转换）对象。

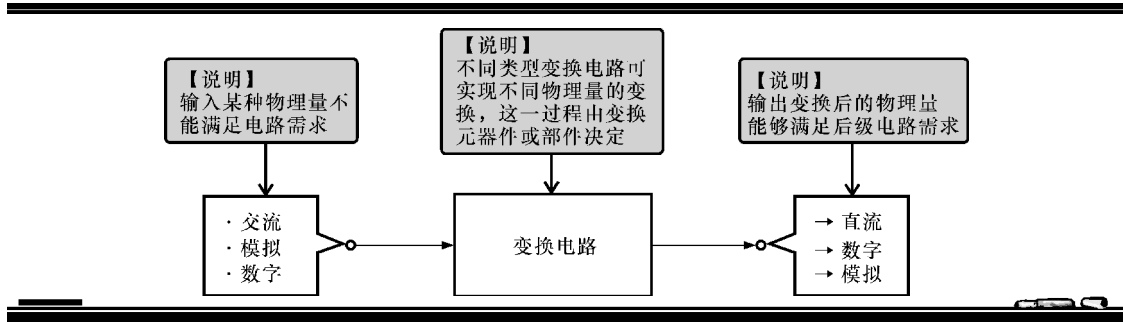


图 7-1 变换电路的功能示意图

交流-直流变换电路在电磁炉中的应用如图 7-2 所示。在家用电子产品中，一般都连接 220V 交流电源，而电路中的单元电路及功能部件多需要直流方式供电，因此，若想使家用电子



【说明】

影碟机最终需要驱动扬声器输出声音信号，在电路处理环节设有D/A转换电路实现数字信号到模拟信号的转换

影碟机中的
D/A转换电路

【说明】

电路输入端的物理量为数字信号

【说明】

将D/A转换后，电路输出端的物理量为模拟信号

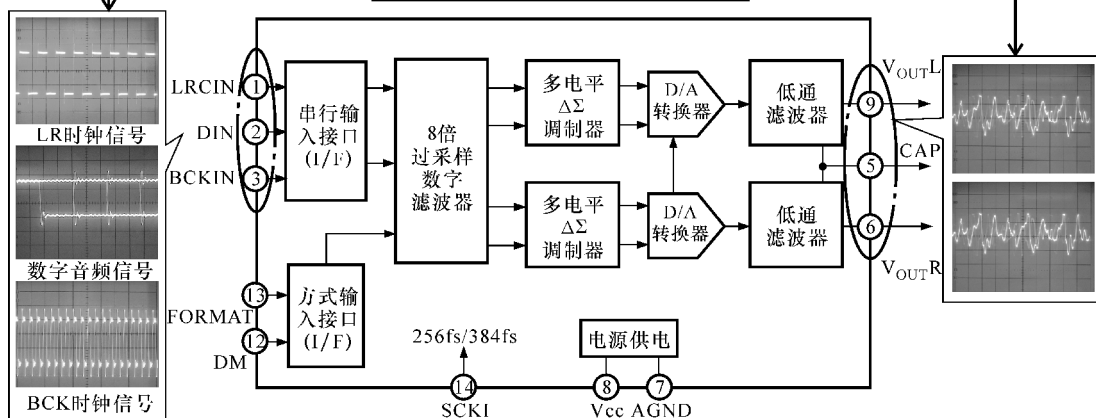


图 7-3 影碟机中的 D/A 转换电路

为了实现交流电压到直流电压的变换过程，在电路中必须借助相应的电压转换器件。这也是交流电压/直流电压变换电路的主要特征，如图 7-4 所示。

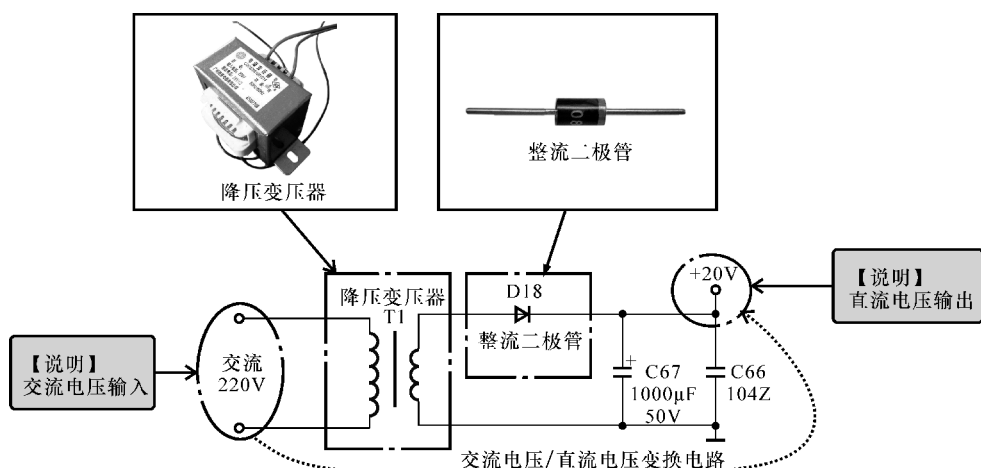


图 7-4 交流电压/直流电压变换电路的主要特征

从图 7-4 中可以看到，交流电压/直流电压变换电路的核心部件包括降压变压器、整流二极



管等，其中，降压变压器用于将较高的交流电压变换为较低的交流电压；整流二极管用于将交流整流成为直流，最终实现交流电压到直流电压的变换。

2. 交流电压/直流电流变换电路的特征

交流电压/直流电流变换电路中不仅实现了交流到直流的变换，还突出体现了电压到电流的变换，通常这种电路应用于电流检测电路中。电路的核心元器件是电流互感器，实现大电流到小电流的转换。交流电压/直流电流变换电路的特征如图 7-5 所示。

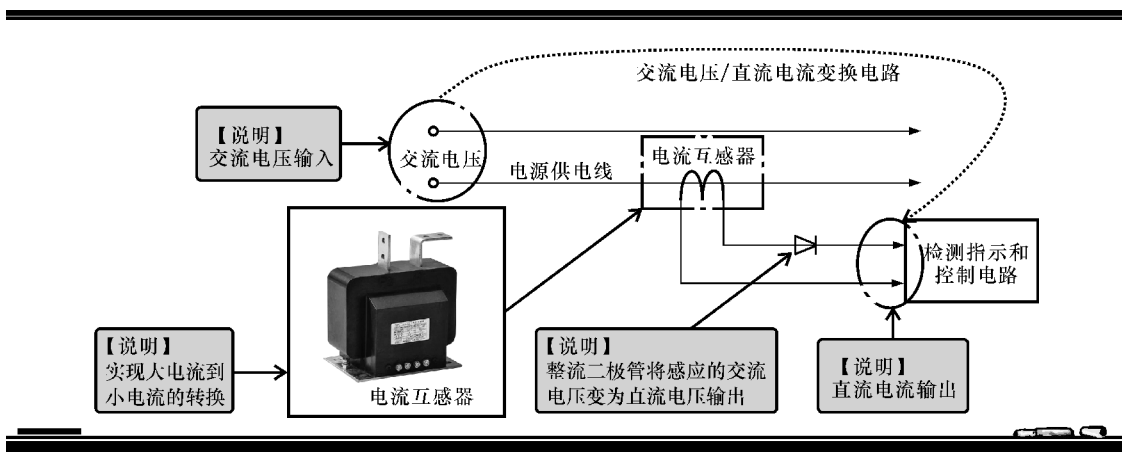


图 7-5 交流电压/直流电流变换电路的特征

3. 交流电流/直流电流变换电路的特征

交流电流/直流电流变换电路是一种单纯的将输入的交流电流变换成直流电流输出的功能电路，多用在小型直流电源、充电器等设备中，以将交流 220V 市电变成收音机、录音机使用的直流低压电源，或变成为手机、随身听等便捷设备电池充电的直流电流。

交流电流/直流电流变换电路的特征如图 7-6 所示，它与交流电压/直流电压变换电路形似，不同的是，它突出体现了电流对负载的影响。

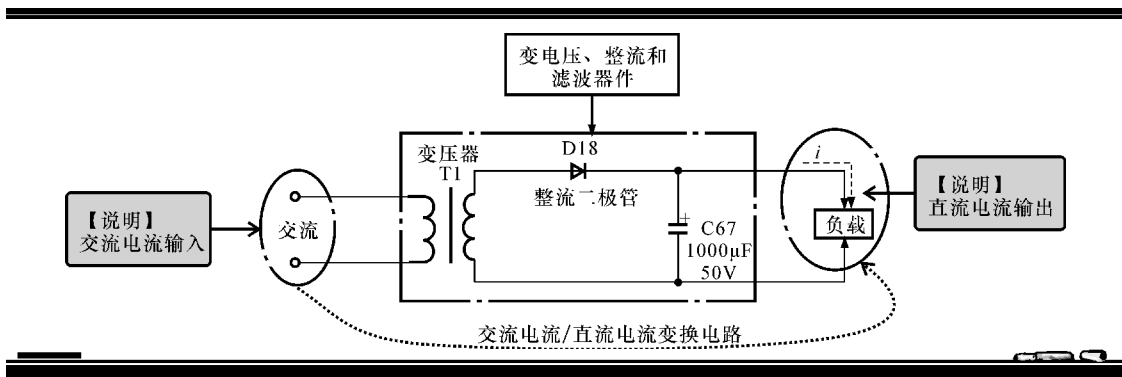


图 7-6 交流电流/直流电流变换电路的特征

7.1.3 继续！了解数模转换电路的特征



在各种电子产品的实际电路中往往分为模拟电路和数字电路，处理模拟信号的电路被称为模拟电路，处理数字信号的电路则被称为数字电路。数字信号和模拟信号之间是



可以相互转换的,其中,将称模拟信号转变成数字信号的电路称为 A/D 转换电路,而将数字信号转变成模拟信号的电路则称为 D/A 转换电路。

1. A/D 转换电路的特征

在很多数码电子产品中,模拟信号在进行处理时首先要转换成数字信号,这是因为数字信号具有可靠性高、表示范围宽、精度高、容易实现、便于存储等优点,而这恰恰是模拟信号所不具备的。但是,很多节目信号源仍是模拟信号,因此需要设置 A/D 转换电路进行转换。

常见的 A/D 转换电路大多以集成电路为核心,即模拟信号送入集成有模拟—数字转换功能的集成电路中,最终转换为数字信号输出,送往后级电路中。A/D 转换电路的特征如图 7-7 所示。

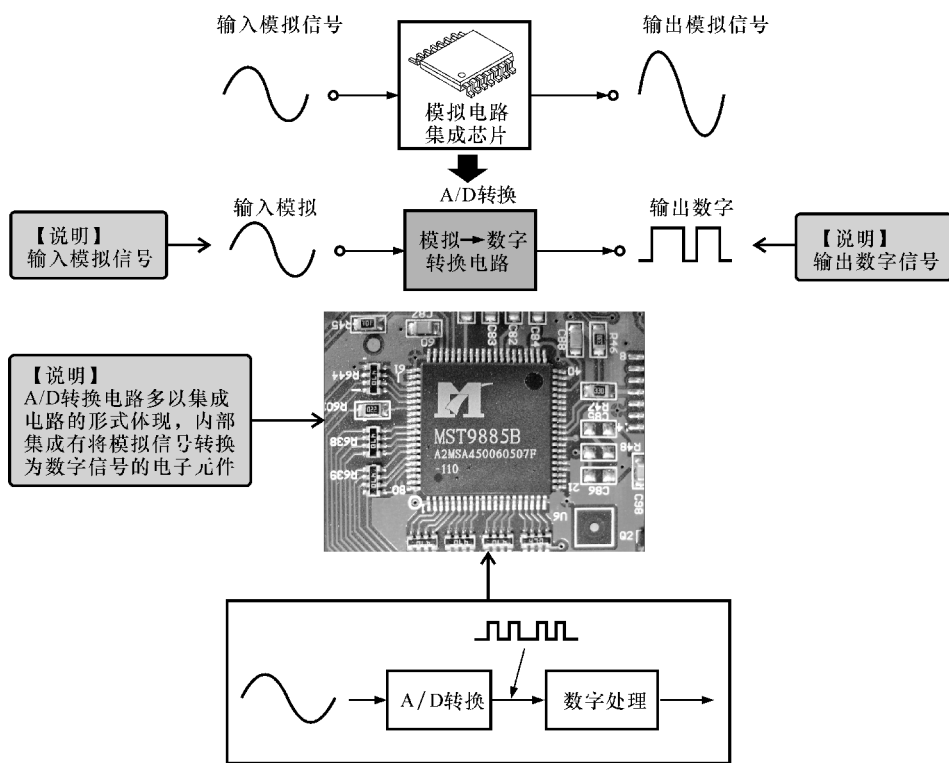


图 7-7 A/D 转换电路的特征

2. D/A 转换电路的特征

由于数字信号不能直接输出或驱动模拟设备,因此在大多进行数字信号传输和处理的产品中,在电路末端需设置 D/A 转换电路,将数字信号变回模拟信号后再输出。

常见的 D/A 转换电路也大多以集成电路的形式体现,即数字信号送入集成有数字—模拟转换功能的集成电路中,最终转换为模拟信号输出,送往后级电路中。D/A 转换电路的特征如图 7-8 所示。

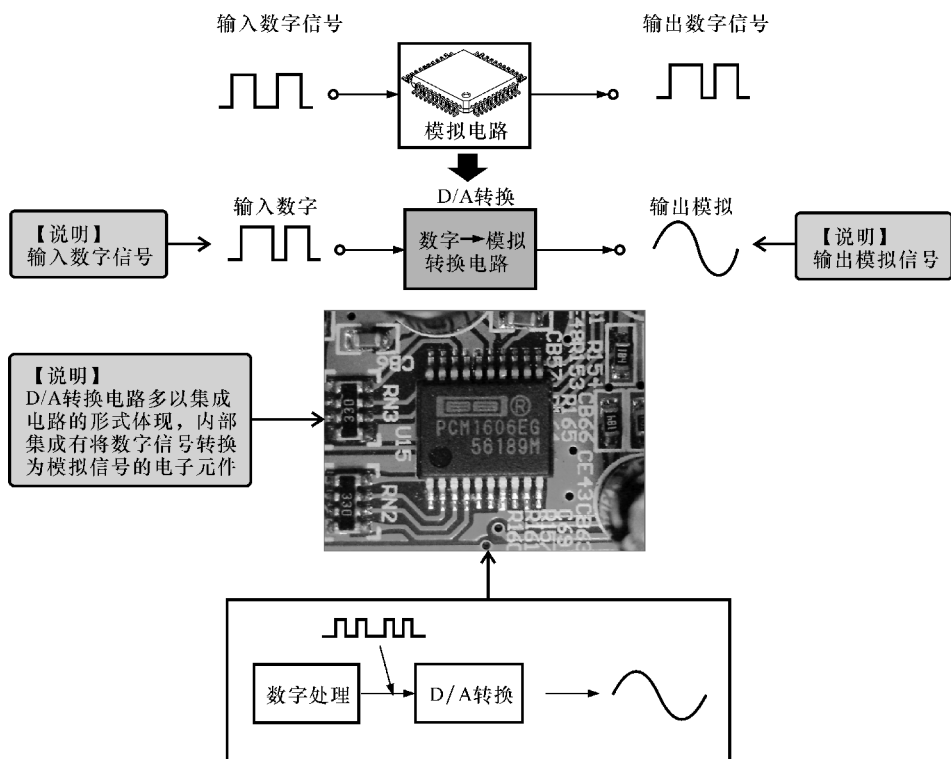


图 7-8 D/A 转换电路的特征

【资料】



模拟信号和数字信号的波形有很大的区别，如图 7-9 所示。一个是连续变化的物理量，一个是离散的数字量，即脉冲状的信号。

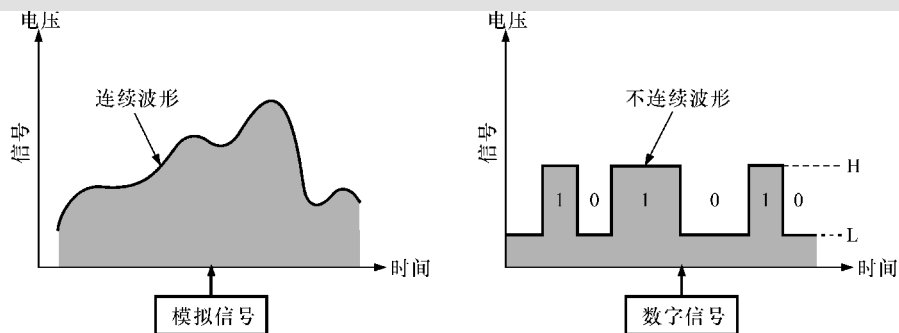


图 7-9 模拟信号和数字信号的波形有很大的区别

声音信号和一些连续变化的物理信号都是模拟信号，在电路中常常遇到驱动扬声器的音频信号、驱动表头的电压或电流信号，还有很多节目源等，这都是模拟信号。但模拟信号不便于记忆存储和处理，如存储音频和视频信号过去使用录音磁带和录像磁带，这些外存介质体积大，使用又不方便。为了便于处理这些模拟信号或存储这些信号，需要将它变成数字信



号存到手机、电脑中。数字信号具有许多模拟信号所不具备的优点,如可靠性高、精度高、表示范围宽、容易实现等。这些使模数完成转换的电路称为 A/D 转换电路,简称 A/D 转换器。

若存储记忆的数字信号需要再现时,如存在光盘、硬盘或半导体存储器中的音频、视频信号需要播放欣赏时,又需要将数字信号再转换成模拟信号,就需要数模转换电路,即 D/A 转换电路,简称 D/A 转换器。

另外,在一些测量仪表中,也需要将模拟量转变成数字量进行数码显示,而在数控设备中又需要将数字量转变成控制电动机的模拟量,因而,A/D 和 D/A 转换电路应用十分广泛。

7.2 轻松搞定对“交直流变换电路”的识图训练



交直流变换电路是电子产品中常见的功能电路,掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的交直流变换电路作为识图训练案例,大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。

7.2.1 搞定对“电磁炉中交流电压/直流电压变换电路”的识图分析



对于电磁炉中交流电压/直流电压变换电路的识读,我们应先了解电路的结构组成,然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点,对电路的信号流程进行分析。下面,我们将通过实例详细介绍电磁炉中交流电压/直流电压变换电路识读方法。

图 7-10 所示为百合花 DCL-1 电磁炉中的交流—直流变换电路,可以看到,该电路主要是由开关 K1、风扇电动机、变压器 T3、桥式整流堆 VD9 和 VD8、滤波电容 C6 和 C5、二极管 VD6 和 VD7、三极管 VT9 等部件组成的。

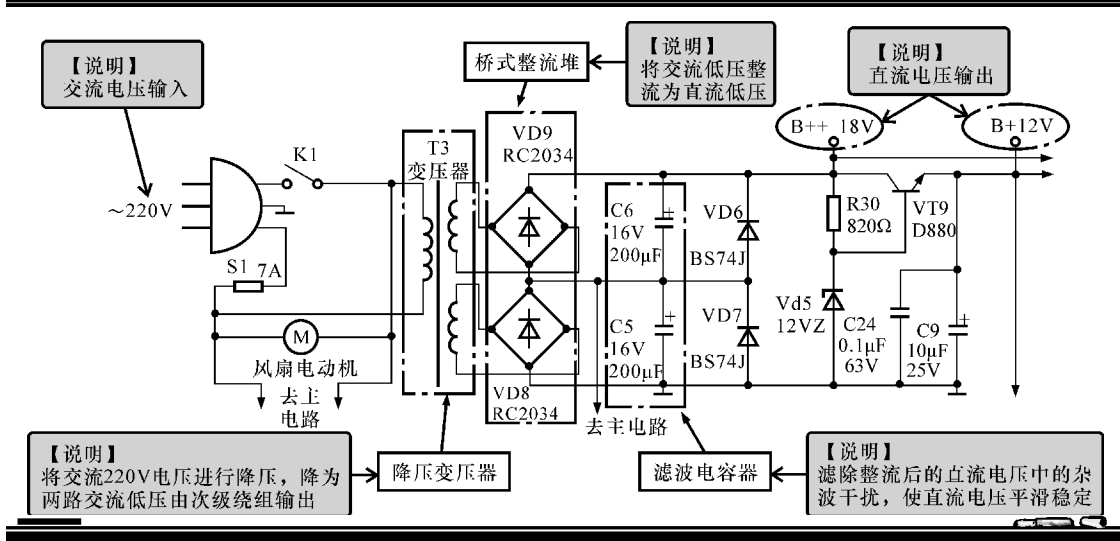


图 7-10 百合花 DCL-1 电磁炉中的交流—直流变换电路

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

交流 220V 经开关 K1 送入变压器 T3 的初级线圈,经降压后,由两组次级线圈分别输出两组



9V 交流电压。

两组 9V 电压再分别经过两组桥式整流电路，最后进行叠加，形成 18V 的直流电压输出。

同时，+18V 直流电压加到调整三极管 VT9 的集电极，在 VT9 基极上设有一个稳压二极管 VD5，基极被稳定在 12V 电压上，射极的输出也就被稳定在 12V 上。VT9 的发射极接有两个电容 C24 和 C9，它们起平滑滤波的作用（其中，10 μ F 的 C9 主要是对低频波纹进行滤除，0.1 μ F 的 C24 主要是对高频噪波进行滤除），使输出电压的波纹大大降低。

7.2.2 搞定对“变频空调器中交流电压/直流电压变换电路”的识图分析



对于变频空调器中交流电压/直流电压变换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍变频空调器中交流电压/直流电压变换电路识读方法。

图 7-11 所示为典型变频空调器中的电压检测电路。可以看到，该电路主要是由电压互感器以及整流二极管 VD4 等组成的。

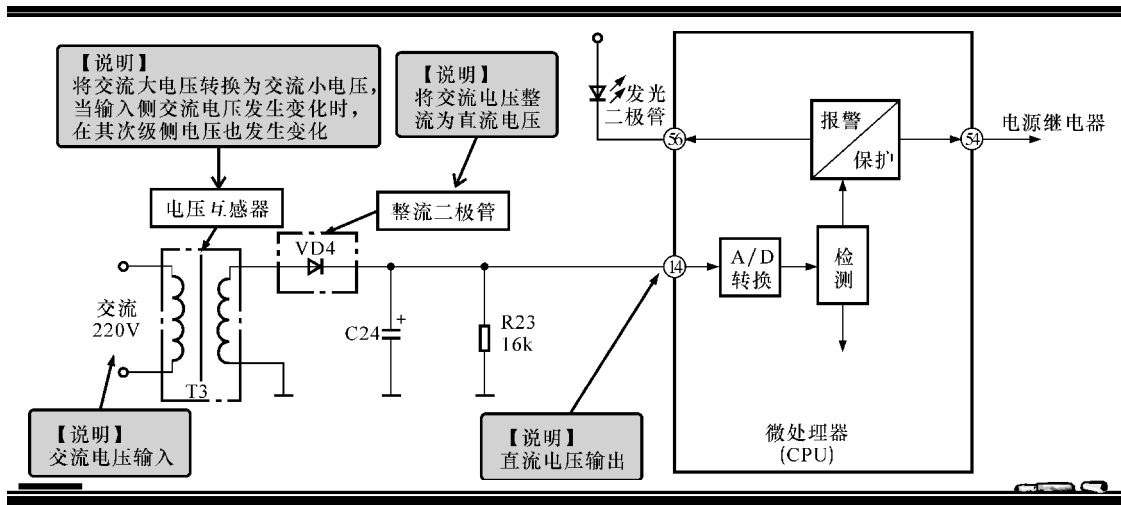


图 7-11 典型变频空调器中的电压检测电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

220V 交流电压经电压互感器（变压器 T3）输入，然后电压互感器 T3 次级输出一个交流低电压作为电压检测端，经 VD4 半波整流以及 R23、C24 滤波之后，由微处理器⑭脚进行检测。

当交流输入电压高于 260V 或低于 160V 时，T3 输出经 VD4 整流后的直流电压也会相应升高，该电压经 CPU 识别处理后，将进行报警并进行待机保护。



【资料】

图 7-11 所示电路输入侧为交流 220V 电压，经过电路转换后，在微处理器引脚处体现的参数值是直流电压的变化，因此我们将这个电路看作为交流电压到直流电压的变换电路。



7.2.3 搞定对“变频空调器中交流电压/直流电流变换电路”的识图分析



对于变频空调器中交流电压/直流电流变换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍变频空调器中交流电压/直流电流变换电路识读方法。

图 7-12 所示为变频空调器中的交流电压/直流电流变换电路，可以看到，该电路主要是由电流互感器 L2 及整流二极管 VD2 等组成的。

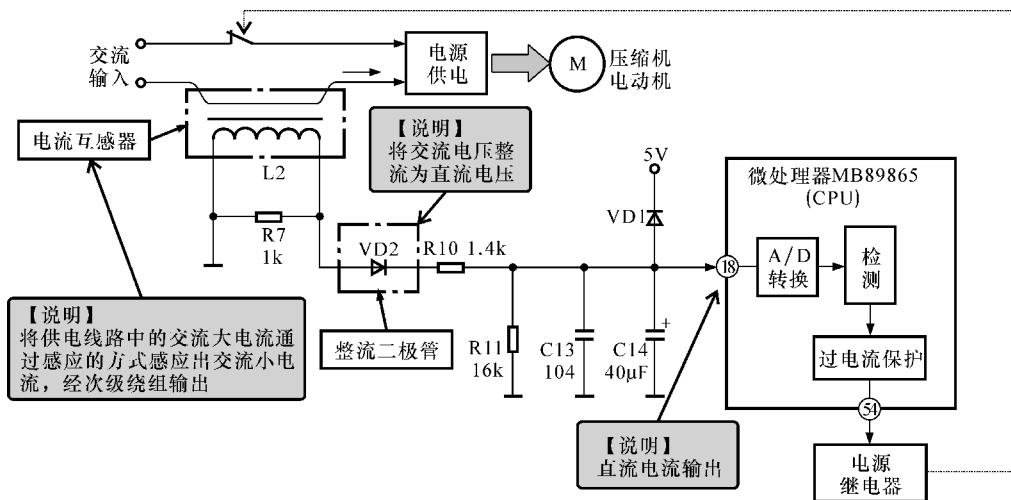


图 7-12 变频空调器中的交流电压/直流电流变换电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当交流 220V 电源为压缩机供电时，电流互感器 L2 感应出电流信号，然后经 VD2 整流、R10 和 R11 分压以及 C13 滤波之后，输入到 MB89865 的⑱脚。

电流互感器和整流二极管 VD2 将压缩机的耗电电流转换成直流电流送到 CPU 的⑱脚，在 CPU 中进行 A/D 转换和检测，如电压升高，表明压缩机电路过载，会进行保护。二极管 VD1 作为钳位二极管，当 VD2 的输出电压高过 5V 电压时，VD1 将直流电压钳位在 5V 上。



【资料】

图 7-12 所示电路为空调器中常用的电流检测电路。该电路主要是用来检测压缩机电动机供电电流的大小。当电流过大时，可能会损坏压缩机中的电动机，甚至会烧毁电动机线圈。利用电流检测电路对供电电流进行检测，如发现供电电流异常，空调器将会自动显示故障代码并立即进行保护。

7.2.4 搞定对“充电器中交流电流/直流电流变换电路”的识图分析



对于充电器中交流电流/直流电流变换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍充电器中交流电流/直流电流变换电路识读方法。

图 7-13 所示为充电器中交流—直流变换电路，可以看到，该电路主要是由变压器、桥式整



流电路 (VD1 ~ VD4)、LED 发光二极管等组成的。

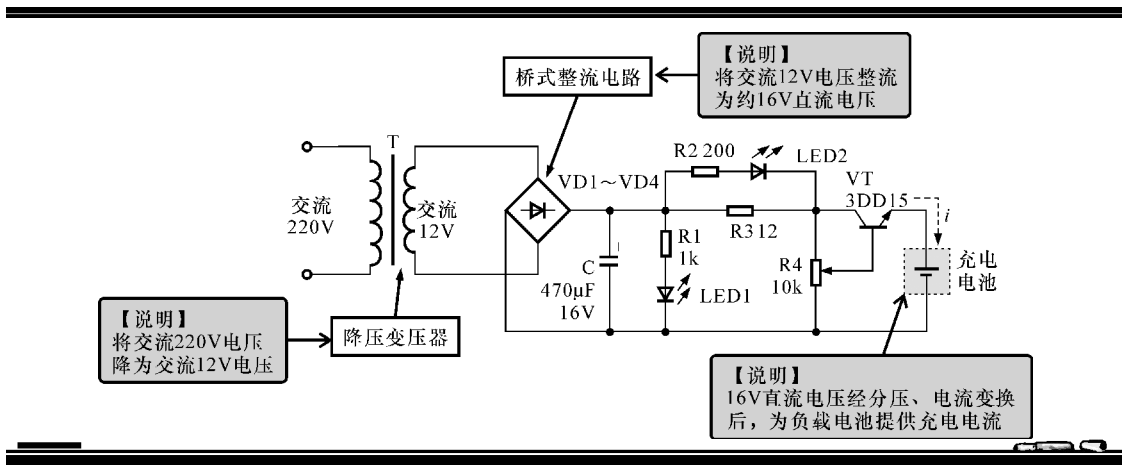


图 7-13 充电器中交流—直流变换电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：交流 220V 电压经变压器后变为交流 12V 电压，再经桥式整流电路和电容器 C 滤波后，变为直流电流，再经电阻器 R3 和 VT 后，变为较小的电流值，为充电电池进行充电，该充电电池两端的电流最大可达 1.2A，然后逐渐减小。

7.3 轻松搞定对“数模转换电路”的识图训练



数模转换电路是各种数码产品中不可缺少的功能电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的数模转换电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项技能。

7.3.1 搞定对“音频 A/D 转换电路”的识图分析



对于音频 A/D 转换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍音频 A/D 转换电路识读方法。

图 7-14 所示为一款典型的音频 A/D 转换电路。可以看到，该电路主要是由 A/D 转换器 CS5333 及外围电路构成的，该电路常用在数码产品中，将话筒或音频信号转变成数字信号进行处理和存储。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当音频 A/D 转换器 CS5333 满足工作条件后，开始进入工作状态。来自前级电路的模拟音频信号 (L、R) 经音频 A/D 转换器 CS5333 的⑭脚和⑬脚输入，经内部进行放大，和低通滤波器、比较器、数字滤波器以及 HPF 处理后，由串行数字输出通道输出数字音频信号，送往后级数字音频信号处理电路中。

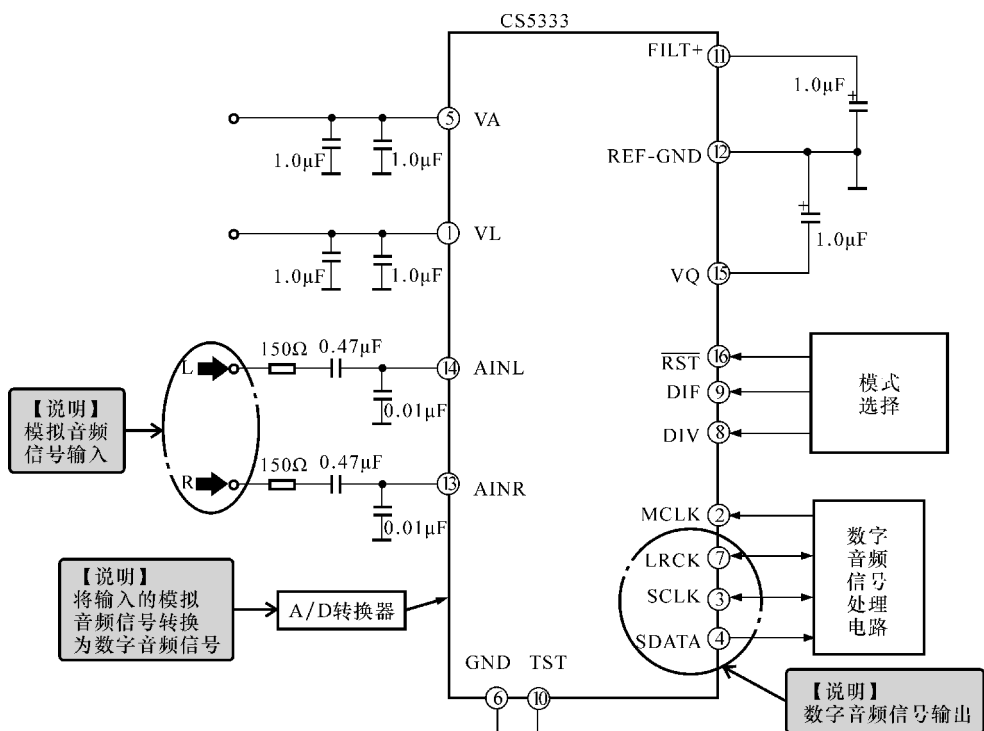


图 7-14 一款典型的音频 A/D 转换电路



【资料】

CS5333 是一种高性能 24bit、96kHz 立体声 A/D 转换器，其内部功能框图如图 7-15 所示。了解其内部结构，对识图和深刻理解 A/D 转换的过程很有帮助。

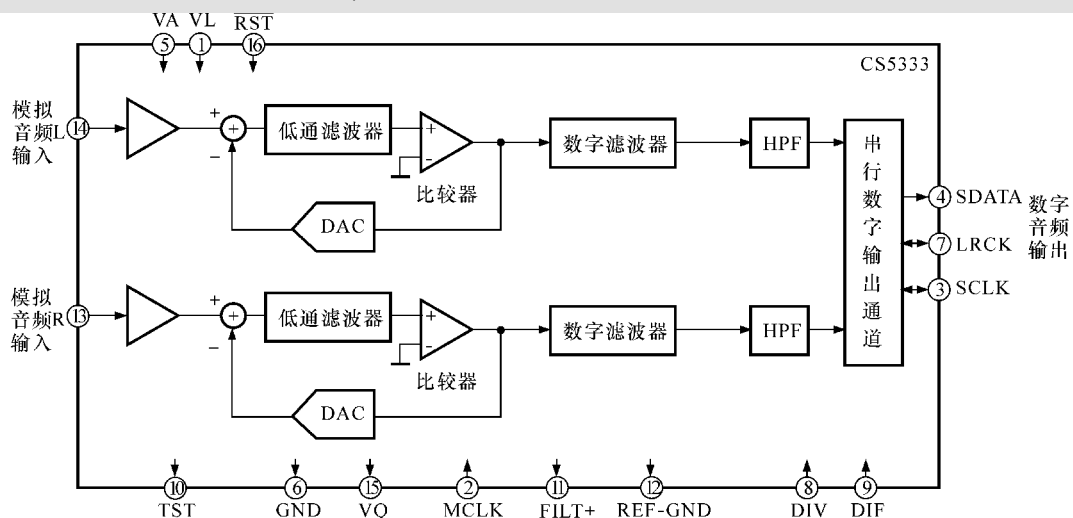


图 7-15 CS5333 的内部功能框图



7.3.2 搞定对“等离子电视机中 A/D 转换电路”的识图分析



对于等离子电视机中 A/D 转换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍等离子电视机中 A/D 转换电路识读方法。

图 7-16 所示为典型等离子电视机中的 A/D 转换电路，可以看到，该电路采用型号为 MST9885B 的 A/D 转换器实现模拟信号到数字信号的转换。

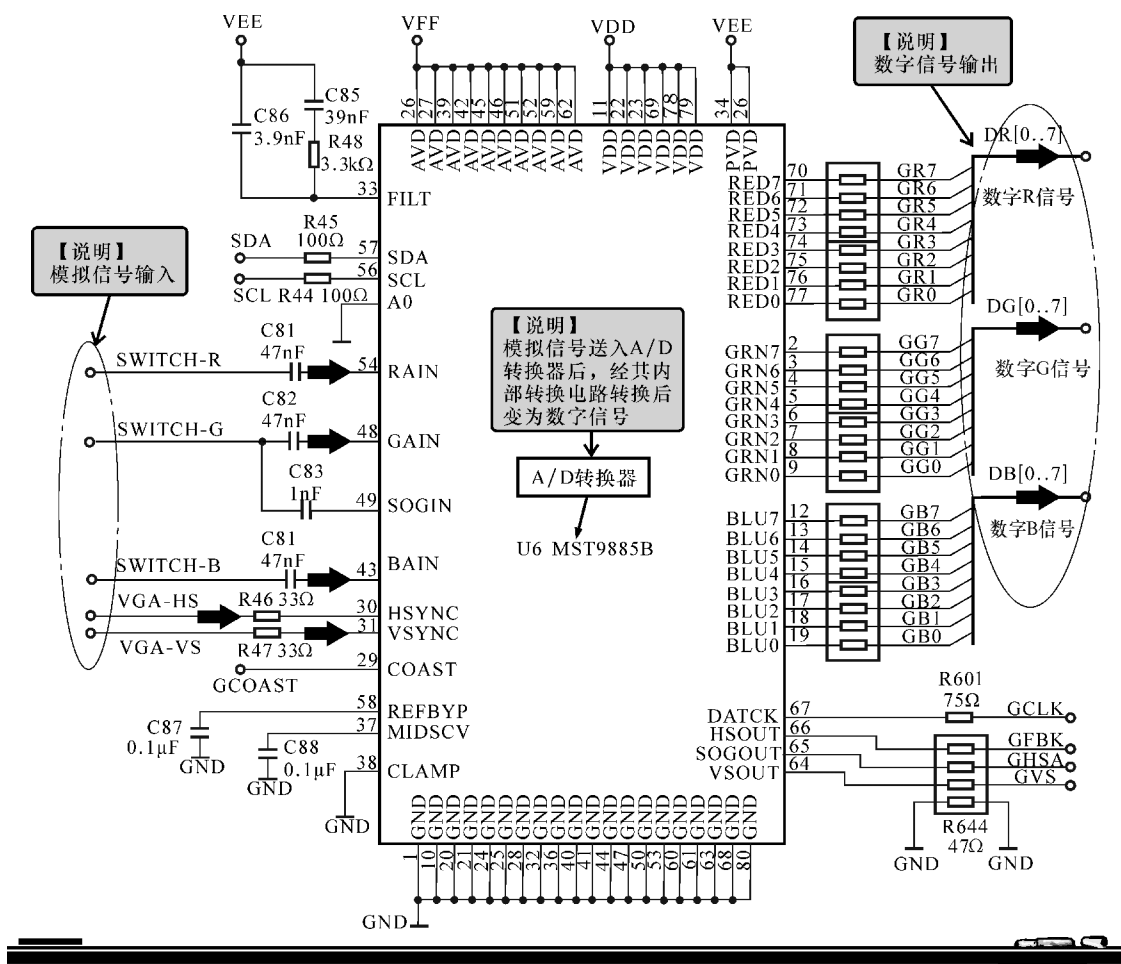


图 7-16 典型等离子电视机中的 A/D 转换电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

接通等离子电视机电源，当满足 A/D 转换器 MST9885B 的基本供电等工作条件后，该转换器进入准备工作状态。

当由等离子电视机的 VGA 接口送入信号时，来自电脑显卡的 R、G、B 模拟信号及行/场同步信号送入 A/D 转换器的输入端，这些模拟信号经 A/D 转换器内部进行模拟信号到数字信号的转换处理后，由其输出端引脚输出数字信号。

转换得到的数字 R、G、B 信号最终送往后级数字处理电路中，进行进一步处理。



【资料】

图 7-17 为 A/D 转换器 MST9885B 的内部功能图，模拟 R、G、B 信号在芯片中经钳位和放大，然后变成三组 8 路并行的数字信号输出，此外在该电路中还进行同步处理用以产生各种同步信号。识读电路时，将主要芯片的电路图与内部功能图相对照，可搞清 A/D 转换电路的电路功能，深入理解 A/D 转换的过程和原理。

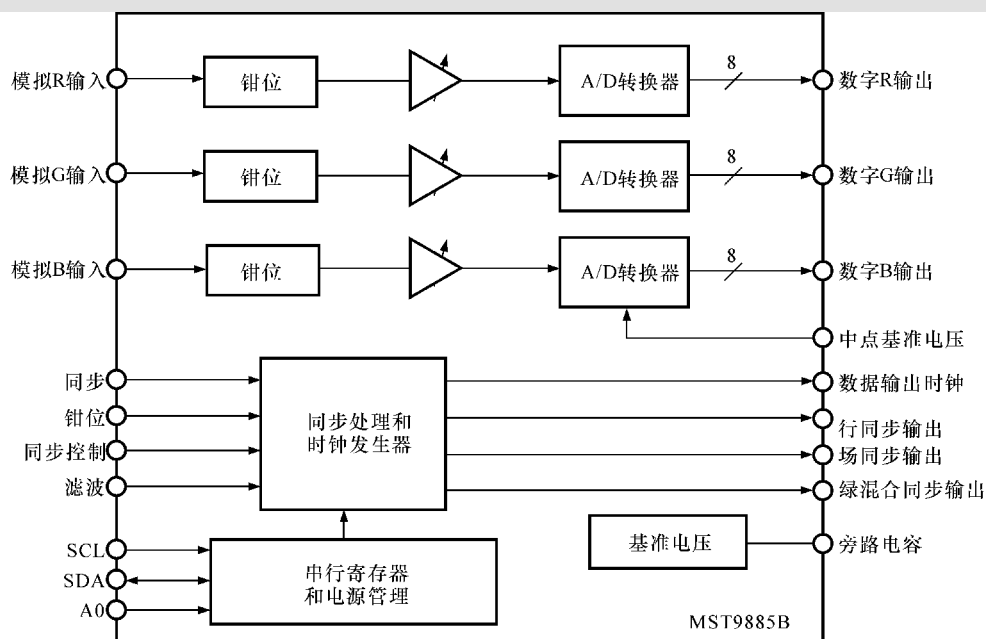


图 7-17 A/D 转换器 MST9885B 的内部功能图

7.3.3 搞定对“数字信号接口电路中的 D/A 转换电路”的识图分析



对于数字信号接口电路中的 D/A 转换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍数字信号接口电路中的 D/A 转换电路识读方法。

图 7-18 所示为典型数字信号接口电路中的 D/A 转换电路，该电路主要是由 10bit 的 D/A 转换器 AMDAC-08C 及外围元器件构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

接通电路电源，满足 D/A 转换器（AMDAC-08C）的基本工作条件后，该 D/A 转换器进入准备工作状态。

10bit 数字信号首先经接口送到 D/A 转换器 AMDAC-08C 的数字信号输入端（⑤~⑫脚），在转换器内部进行从数字信号到模拟信号的转换处理，经转换后由 AMDAC-08C 的④脚输出模拟信号，再经两级运算放大器 TL082 缓冲放大后输出模拟信号（0~10V）。

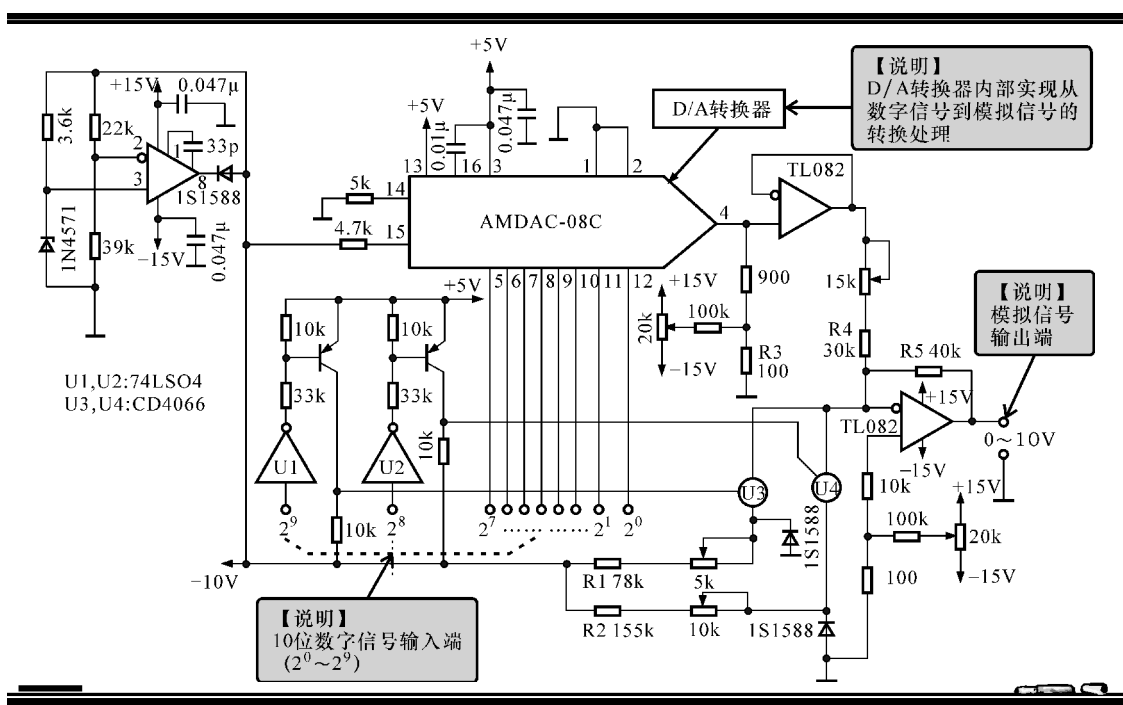


图 7-18 典型数字信号接口电路中的 D/A 转换电路

7.3.4 搞定对“影碟机中音频 D/A 转换电路”的识图分析



对于影碟机中音频 D/A 转换电路的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍 DVD 影碟机中音频 D/A 转换电路识读方法。

图 7-19 所示为典型影碟机中的音频 D/A 转换电路，可以看到，该电路的核心部件为 D/A

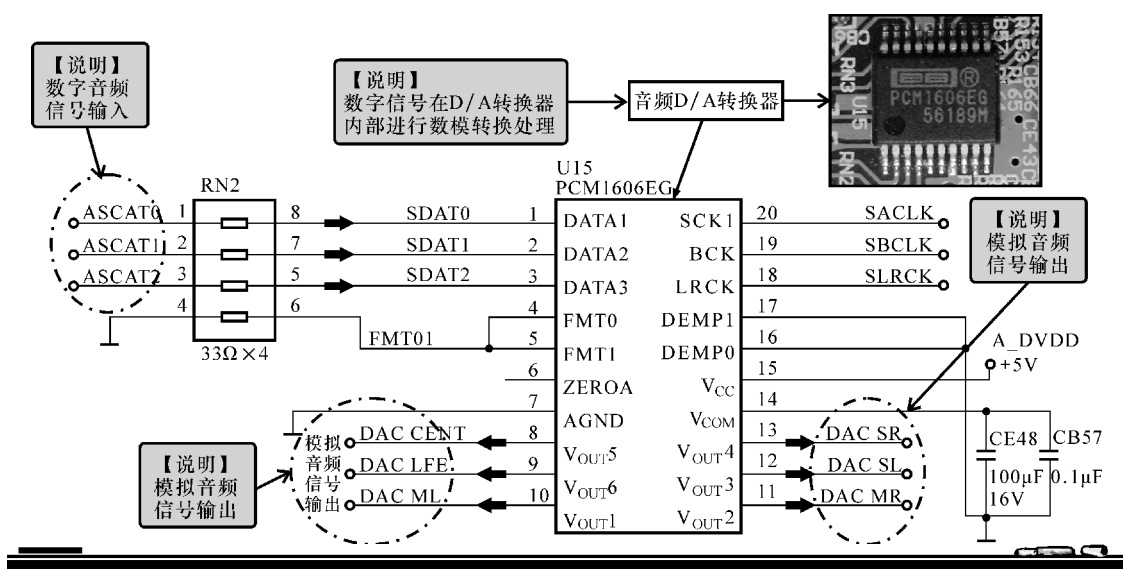


图 7-19 典型影碟机中的音频 D/A 转换电路



转换器 U15 (PCM1606EG)。

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

接通影碟机电源后,D/A 转换器 U15 (PCM1606EG) 获得基本供电条件,进入准备工作状态。

三路串行数据信号经排电阻器 RN2 后,送入 D/A 转换器 U15 (PCM1606EG) 的①~③脚,经内部电路实现从数字信号到模拟信号的转换处理后,分别经⑧~⑬脚输出六路 5.1 声道模拟音频信号,分别送往后级电路中。

D/A 转换器 U15 (PCM1606EG) 的⑬脚、⑬脚分别为左右分离时钟信号和数据时钟信号,配合数据信号进行 D/A 转换处理。



【资料】

图 7-20 所示为 D/A 转换器 PCM1606EG 的内部功能框图,可以看到,送入芯片内部数据信号首先经串行数据输入接口、取样和数字滤波器电路,再经内部的多电平 $\Delta\Sigma$ 调整器、DAC 电路后,由输出放大器和低通滤波器分别输出多路多声道模拟信号。了解该芯片内部结构,对识图和深刻理解 D/A 转换的过程很有帮助。

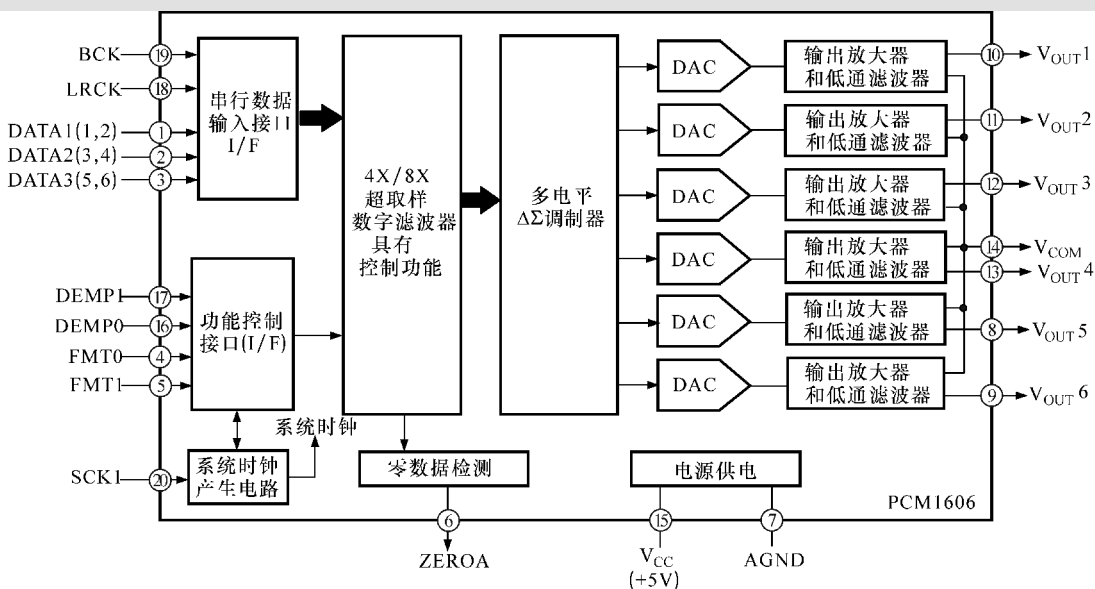


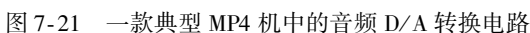
图 7-20 D/A 转换器 PCM1606EG 的内部功能框图

7.3.5 搞定对“MP4 机中音频 D/A 转换电路”的识图分析



对于 MP4 机中音频 D/A 转换电路的识读,我们应先了解电路的结构组成,然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点,对电路的信号流程进行分析。下面,我们将通过实例详细介绍 MP4 机中音频 D/A 转换电路识读方法。

图 7-21 所示为一款典型 MP4 机中的音频 D/A 转换电路,该电路主要是由音频 D/A 转换器 IC1 (MS6333) 以及外围元器件等组成的。



135

音频 D/A 转换器 MS6333 的⑧脚输入的数字音频信号、⑥脚输入的 BCK 信号和⑦脚输入的 WS 信号, 经内部电路进行数字信号到模拟信号的转换后, 由②脚和⑮脚输出两路模拟音频信号, 经滤波电容器后送往耳机接口中。

 D/A 转换器 MS6333 为一只 16bit 的音频数模转换器，图 7-22 所示为其内部功能框图。了解其内部结构，对识图分析和深刻了解数字信号到模拟信号的转换处理过程很有帮助。



通过案例搞定“遥控电路”的识读



现在，开始进入第8章的学习。本章，我们主要学习遥控电路的识读方法。遥控电路是一种远距离操作控制电路，设置有遥控电路的电子产品不必近距离操作控制面板，只要使用遥控设备（如遥控器、红外发射器等）就能对电子产品进行远距离控制，十分方便。下面我们就先来了解一下遥控电路的特征，在了解遥控电路的功效、结构、特点的基础上，再通过实例对不同的遥控电路进行识读训练。

8.1 看一看，遥控电路有什么特征



遥控电路在许多电子电路中都有应用，该电路根据功能可分为遥控发射电路和遥控接收电路两部分，下面就为大家讲解一下遥控电路的功效以及遥控发射和接收电路的特征。

8.1.1 别急！先搞清遥控电路的功效是什么



遥控电路采用无线、非接触控制技术，具有抗干扰能力强、信息传输可靠、功耗低、成本低、易实现等特点，目前已广泛应用于彩色电视机、空调器、影碟机、音响等各种家用电器及电子设备中。

通常遥控电路的遥控发射电路和遥控接收电路均采用独立的电路结构，通过发射和接收红外光（红外线）信号来实现控制指令的发送和接收，其外围电路简单，工作可靠性高。

图8-1所示为遥控电路在液晶电视机中的应用。遥控发射电路安装在遥控器中，遥控发射电路中的集成电路专门用于处理控制信号，其功能是将各种指令信号进行编码调制，调制后的控制信号经三极管放大后，去驱动红外发光二极管，这样控制信号便通过红外发光二极管发射出去。

在液晶电视机中的遥控接收电路，由红外光敏二极管接收红外光信号，经光电转换，变成电信号，然后再经放大、选频、滤波、整形，将调制在红外光上的控制信号取出，并送到微处理器中，完成人机控制指令的输入。可以看到，遥控电路的结构简单，功能易于实现，大大提升了家用电器产品的操控性能。

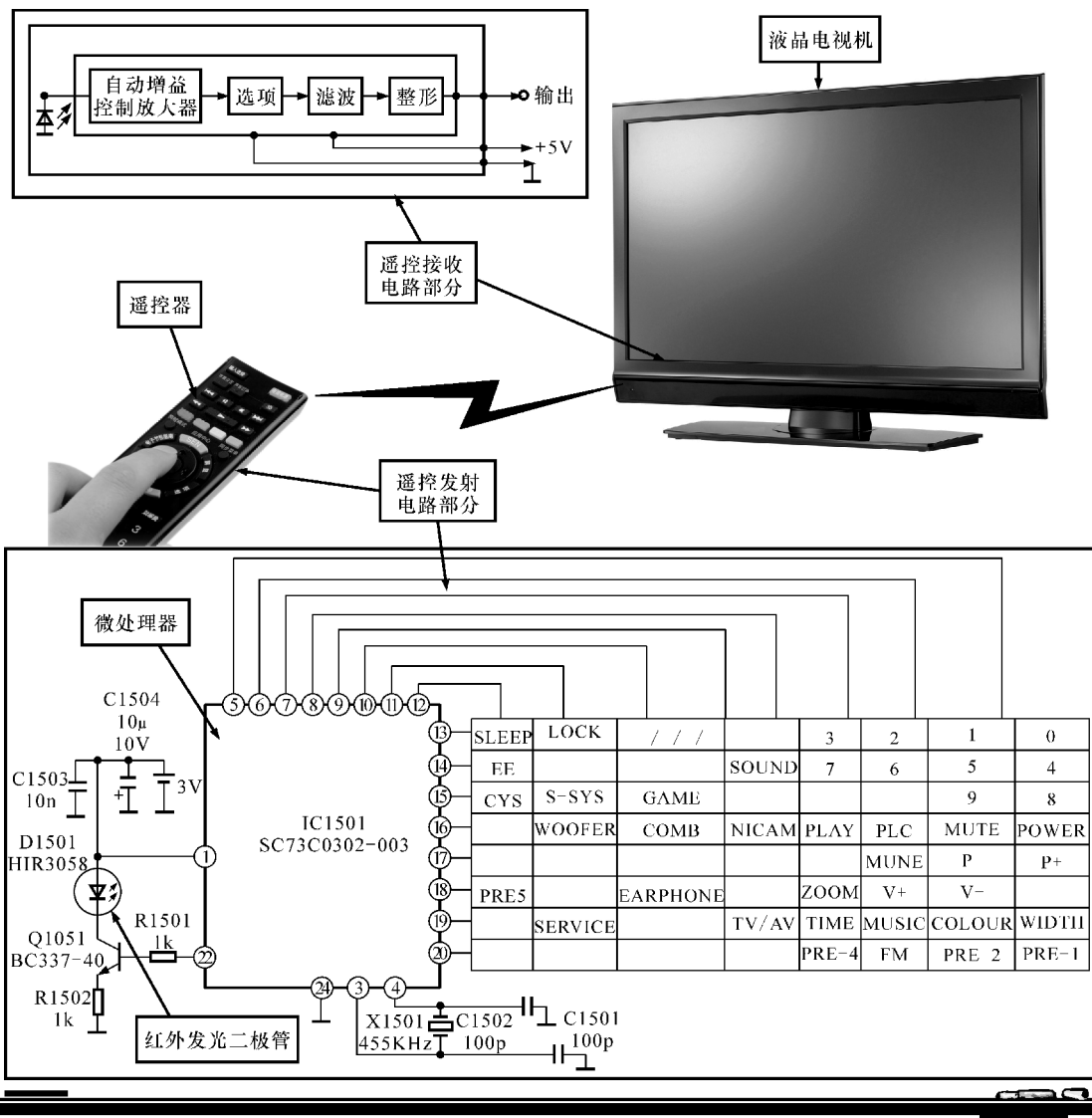


图 8-1 遥控电路在液晶电视机中的应用



【资料】

遥控电路中的遥控发射电路部分安装在遥控器中，用户通过遥控发射电路将人工指令以红外光的形式由红外发光二极管发送出去。红外光敏二极管的感光灵敏区是在红外光谱区，当遥控发射电路的红外发光二极管发射的红外光照射到光敏二极管上后，红外光信号对应的电流会随之变化，此电流送到集成电路，经放大、选频、滤波、整形等处理，就可将调制到红外光上的控制信号取出。

采用红外光传输形式的遥控电路的控制距离一般为 6~8m，也就是说通过遥控电路，用户只需要在控制范围内，操控手中的遥控器，便可实现对电器产品工作状态的控制。



8.1.2 开始！了解遥控发射电路的特征



遥控发射电路（红外发射电路）是采用红外发光二极管来发出经过调制的红外光波，其电路结构多种多样，电路工作频率也可根据具体的应用条件而定。遥控信号有两种制式：一种是非编码形式，适用于控制单一的遥控系统中；另一种是编码形式，常应用于多功能遥控系统中。

在电子产品中，常采用红外发光二极管来发射红外光信号。常用的红外发光二极管的外形与 LED 发光二极管相似，但 LED 发光二极管发射的光是可见的，而红外发光二极管发射的光是不可见光。

图 8-2 所示为红外发光二极管基本工作过程，图中的三极管 VT1 作为开关管使用，当在三极管的基极加上驱动信号时，三极管 VT1 也随之饱和导通，接在集电极回路上的红外发光二极管 VD1 也随之导通工作，向外发出红外光（近红外光，其波长约为 $0.93\mu\text{m}$ ）。红外发光二极管的电压降约 1.4V，工作电流一般小于 20mA。为了适应不同的工作电压，红外发光二极管的回路中常串有限流电阻器 R2 控制其工作电流。

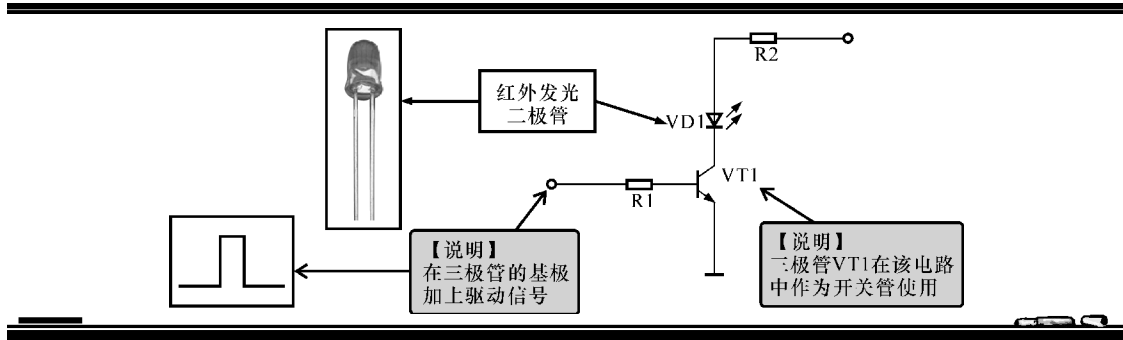


图 8-2 红外发光二极管基本工作过程

当用红外光去控制相应的受控装置时，其控制的距离与红外发光二极管 VD1 的发射功率成正比。为了增加红外光的控制距离，并节省能量消耗，红外发光二极管 VD1 应工作于脉冲状态，因为脉动光（调制光）的有效传送距离与脉冲的峰值电流成正比，只需尽量提高峰值 I_p ，就能增加红外光的发射距离。提高 I_p 的方法，是减小脉冲占空比，即压缩脉冲的宽度 T 。一些彩色电视机红外遥控器，其红外发光管的工作脉冲占空比为 $1/4 \sim 1/3$ ；一些电气产品红外遥控器占空比为 $1/10$ 。减小脉冲占空比，还可使小功率红外发光二极管的发射距离大大增加。遥控发射和接收系统的工作过程如图 8-3 所示。

常见的红外发光二极管，按其功率可分为小功率（ $1 \sim 10\text{mW}$ ）、中功率（ $20 \sim 50\text{mW}$ ）和大功率（ $50 \sim 100\text{mW}$ 以上）三大类。使用不同功率的红外发光二极管时，应配置相应功率的驱动管（驱动电路），才能使遥控的距离得到保证。要使红外发光二极管产生调制光，就需要将控制脉冲调制到一定频率的载波上。

用红外发光二极管发射的红外光去控制受控装置时，受控装置必须要有红外光的接收元件，以便将红外光转变为电信号。常用的红外光接收元件有红外接收二极管、光敏三极管等。在实用中常采用红外发射和接收配对的二极管，如 PH303/PH302。

1. 非编码式遥控发射电路的特征

(1) 555 遥控发射电路

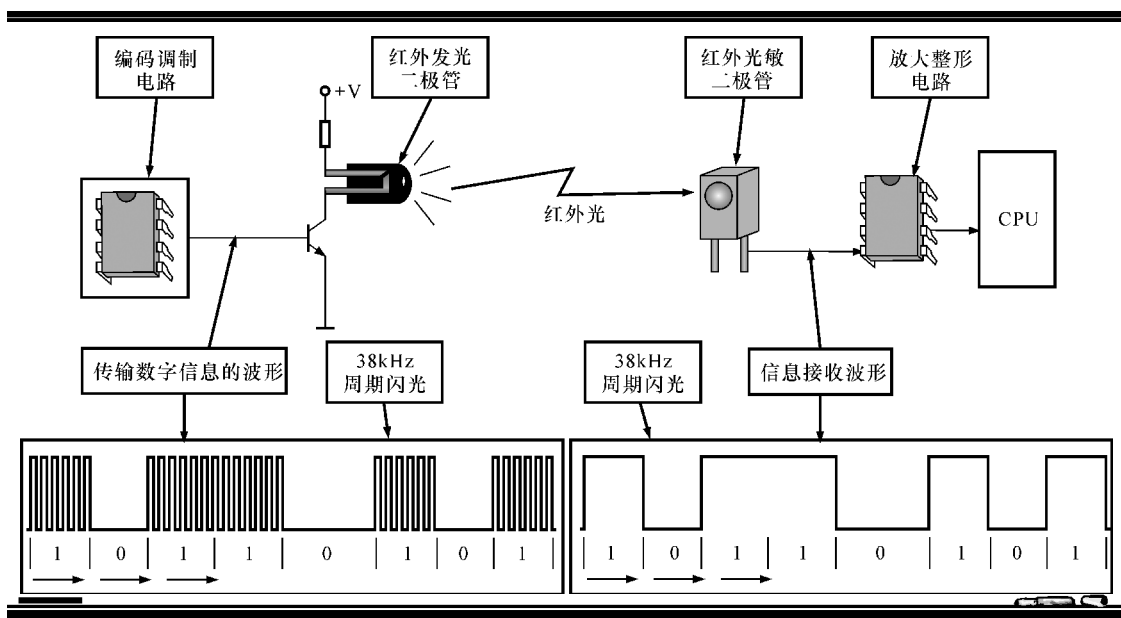


图 8-3 遥控发射和接收系统的工作过程

图 8-4 所示为以 555 时基电路为核心的单通道非编码式遥控发射电路。电路中的 555 时基电路构成多谐振荡器，由于在时间常数电路中设置了隔离二极管 D01、D02，所以 RC 时间常数可独立调整，使电路输出脉冲的占空比达到 1:10，这有助于提高红外发光二极管的峰值电流，增大发射功率。

只要按动一下按钮开关 S，555 时基电路的③脚便会输出脉冲信号，经 R3 加到三极管 Q1 的基极，由 Q1 驱动红外发光二极管 D03 工作，电路便可向外发射一组红外光脉冲。

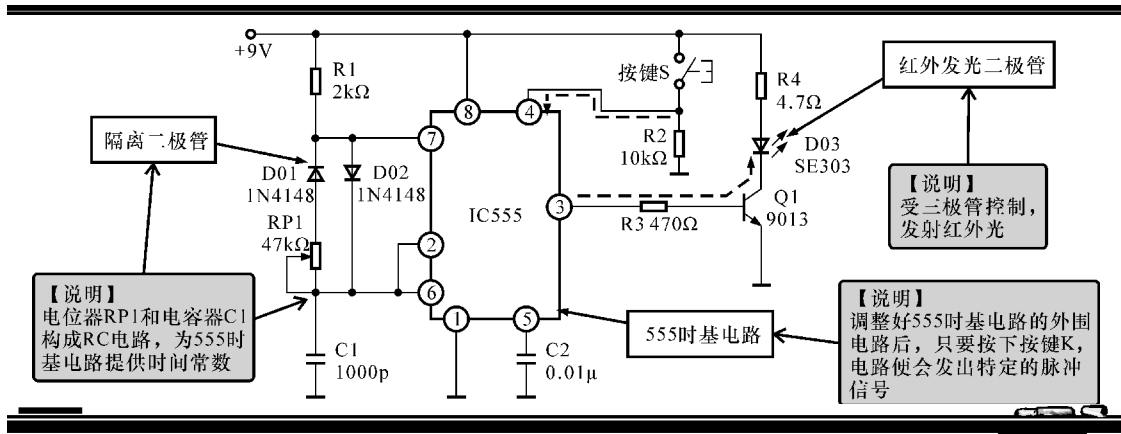


图 8-4 以 555 时基电路为核心的单通道非编码式遥控发射电路

(2) M50560 遥控发射电路

图 8-5 所示为采用 M50560 为核心的单路非编码式红外发射电路。在 M50560（集成电路，遥控发射用）的④脚、⑤脚接有 C3、C4 及石英晶体 X，它们和内部电路组成时钟振荡器，可产生 456 kHz 的时钟信号，经 12 分频后成为 38 kHz、占空比为 1:3 的红外载波信号；M50560 的⑩脚为调制信号的输出端；S 为操作按键。

只要按一下按键 K，M50560 的⑩脚便会发出调制信号，经三极管 Q01 驱动红外发光二极管 D01 发射红外光信号。

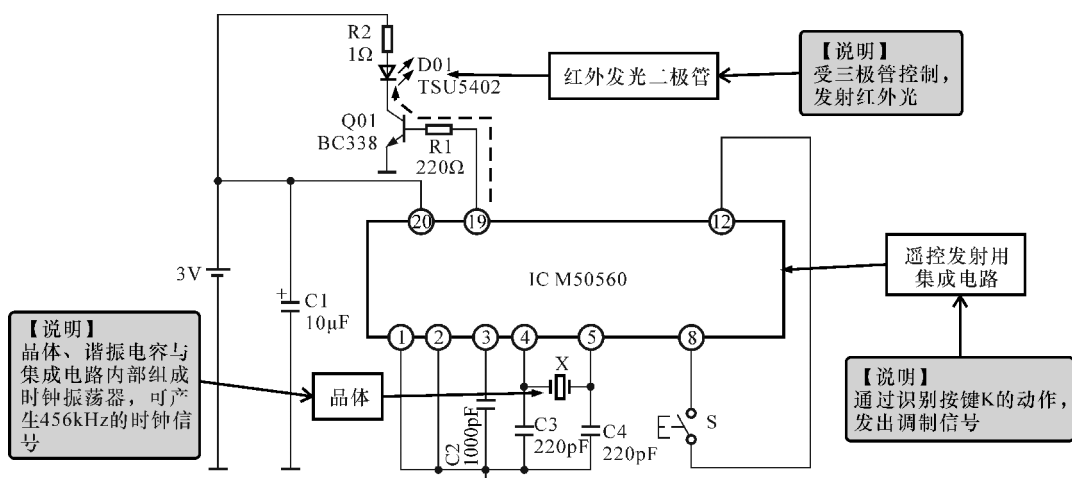


图 8-5 采用 M50560 为核心的单路非编码式红外发射电路

2. 编码式遥控发射电路的特征

图 8-6 所示为典型编码式遥控发射电路。该电路是由遥控键盘矩阵电路、M50110P 调制编码集成电路及放大驱动电路三部分组成。

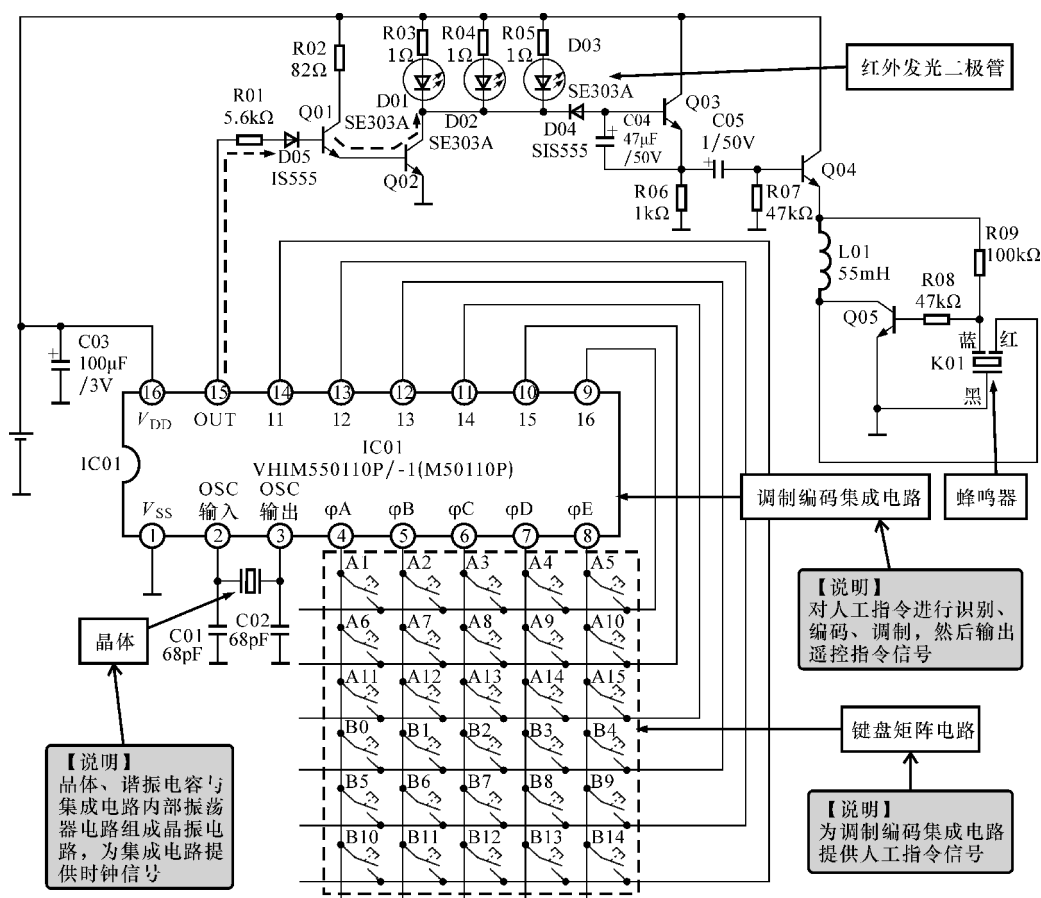


图 8-6 典型编码式遥控发射电路



该电路的核心是 IC01 (M50110P) 构成的调制编码集成电路, 其④脚~⑭脚外接遥控键盘矩阵电路, 即人工指令输入电路。K01 为蜂鸣器, Q03、Q04 为蜂鸣器驱动三极管, 发射信号时蜂鸣器发声, 提示使用者信号已发射出去。

操作按键后, IC01 对输入的人工指令信号进行识别、编码, 通过⑮脚输出遥控指令信号, 经 Q01、Q02 放大后去驱动红外发光二极管 D01~D03, 发射出遥控(红外光)信号。

【注意】

图 8-7 为调制编码集成电路 M50110P 的内部结构图。遥控编码、调制、输出放大和人工指令输入电路都集成在该芯片中。键寻址扫描信号产生电路产生多个不同时序的脉冲信号, 经键盘矩阵电路后送到键输入编码器, 编码器根据键盘的输入指令产生不同编码的信号, 每种编码信号表示一种控制功能, 编码调制后的信号经放大后由⑮脚输出。振荡器电路外接晶体, 用以产生特定频率的时钟信号。

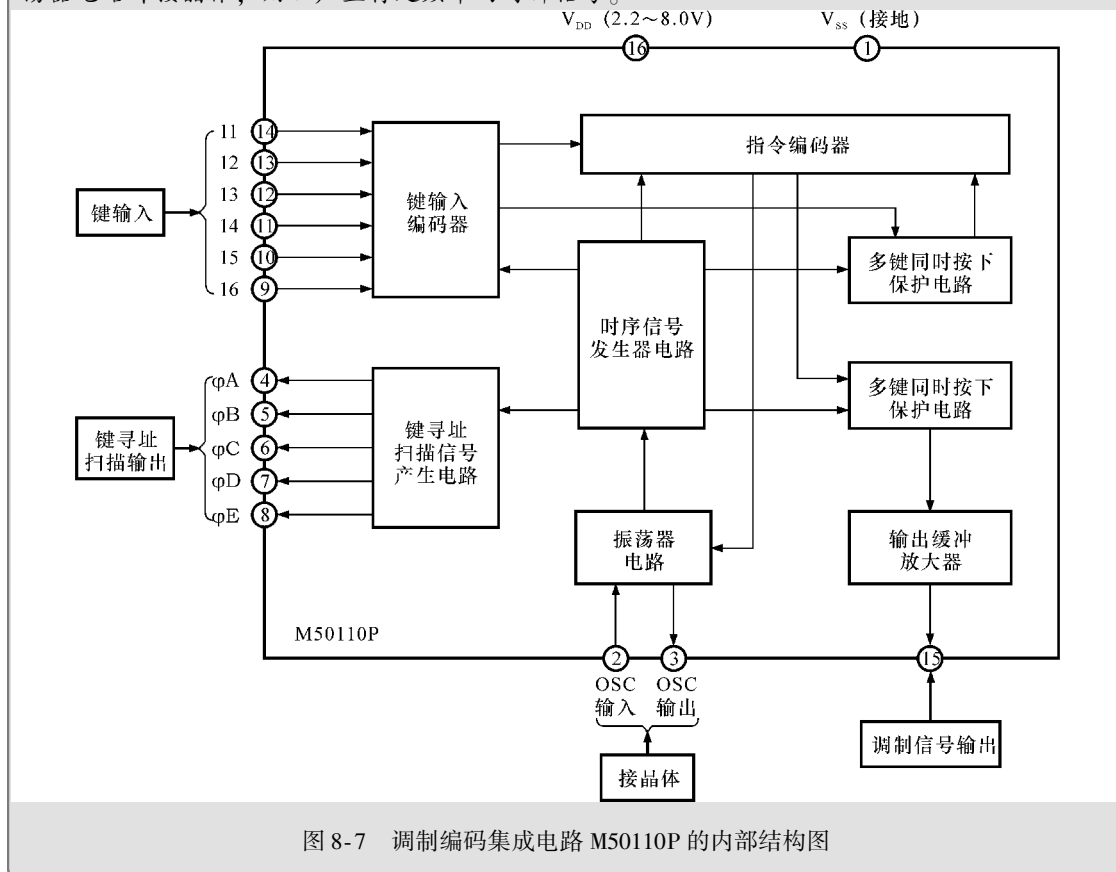


图 8-7 调制编码集成电路 M50110P 的内部结构图

8.1.3 继续! 了解遥控接收电路的特征



遥控发射电路发射出的红外光信号, 需要特定的电路接收, 才能起到信号远距离传输、控制的目的, 因此电子产品上必定会设置遥控接收电路, 组成一个完整的遥控电路系统。遥控接收电路通常由红外接收二极管、放大、滤波和整形等电路组成, 它们将遥控发射电路送来的红外光接收下来, 并转换为相应的电信号, 再经过放大, 滤波、整形后, 送到相关控制电路中。



图 8-8 所示为典型遥控接收电路。该电路主要是由运算放大器 IC1 和锁相环集成电路 IC2 为主构成的。锁相环集成电路外接由 R3 和 C7 组成具有固定频率的振荡器，其频率与发射电路的频率相同，C5 与 C6 为滤波电容。

由遥控发射电路发射出的红外光信号由红外接收二极管 D01 接收，并转变为电脉冲信号，该信号经 IC1 集成运算放大器进行放大，输入到锁相环电路 IC2。由于 IC1 输出信号的振荡频率与锁相环电路 IC2 的振荡频率相同，IC2 的⑧脚输出高电平，此时使三极管 Q01 导通，继电器 K1 吸合，其触点可作为开关去控制被控负载。平时没有红外光信号发射时，IC2 的第⑧脚为低电平，Q01 处于截止状态，继电器不会工作。这是一种具有单一功能的遥控电路。

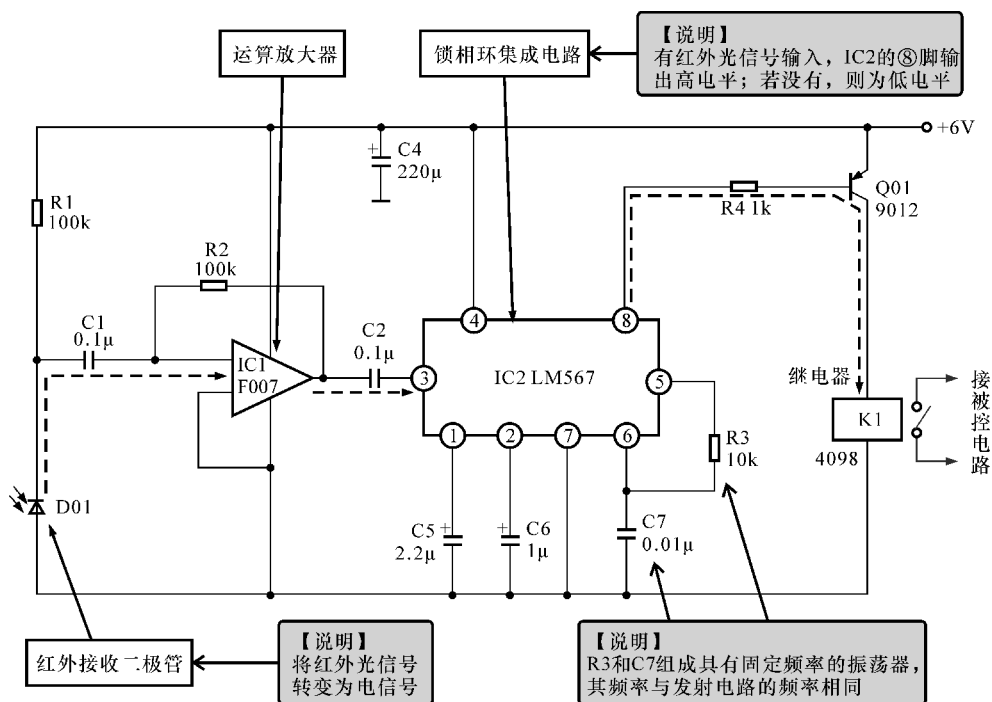


图 8-8 典型遥控接收电路

图 8-9 所示为采用前置放大集成电路（CX 20106）构成的遥控接收电路。其中红外接收二极管 VD1 为一个 PN 型光电二极管，当无光照射 VD1 时，该管反偏而无电流；当有红外光照射时，VD1 产生光电流，输入给 CX 20106 的①脚，在 CX 20106 的内部进行前置放大、限幅放大、滤波、检波及整形等处理后形成控制信号，由⑦脚输出。在前置放大电路的输入端还设有自动亮度控制电路 ABLC，可防止输入信号过大而使放大器过载。

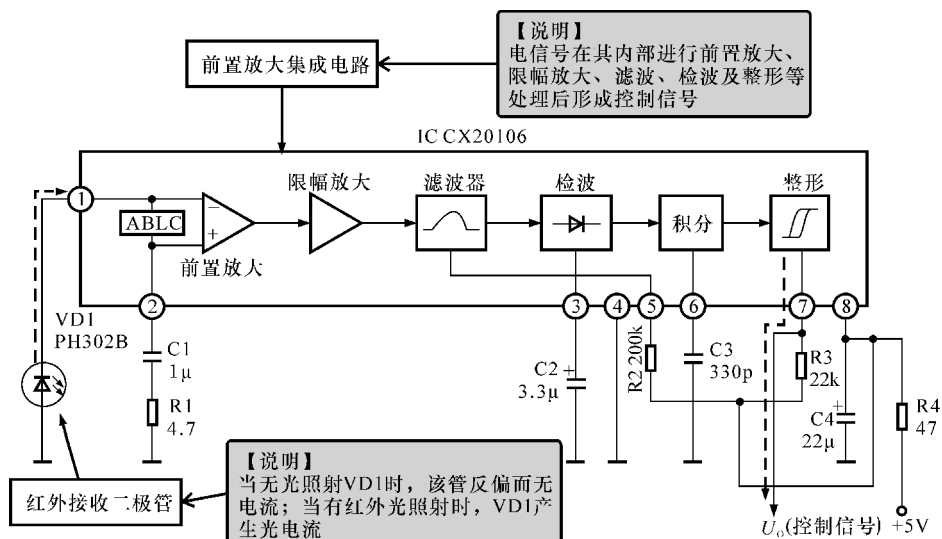


图 8-9 采用前置放大集成电路 (CX 20106) 构成的遥控接收电路

【注意】

从遥控发射电路发射出来的遥控信号是调制后的 38kHz 脉冲信号，该信号由 VD1 检出，经放大、限幅再滤去杂散的调制干扰后，将较强的信号送往中心频率为 38kHz 的滤波器。在滤波器的外电路接有 R2，调节该电阻的阻值可使滤波器的中心频率在 30 ~ 60kHz 范围内变化。滤波器输出的信号经检波后得到指令码脉冲，再经积分及整形，最后由 CX 20106 的⑦脚输出出指令码脉冲。指令码脉冲经微处理器识别处理后会发出相应的执行命令。这种接收电路多用在编码控制的系统中，如遥控电视机、影碟机的控制系统中。

143

【注意】

图 8-10 所示为采用光敏三极管作为遥控接收器电路。可以看到遥控接收器 U01 有三个引脚，其中②脚为 5V 工作电压端，③脚为接地端，①脚输出提取后的电信号经连接插件 J1 的③脚送入微处理器中。

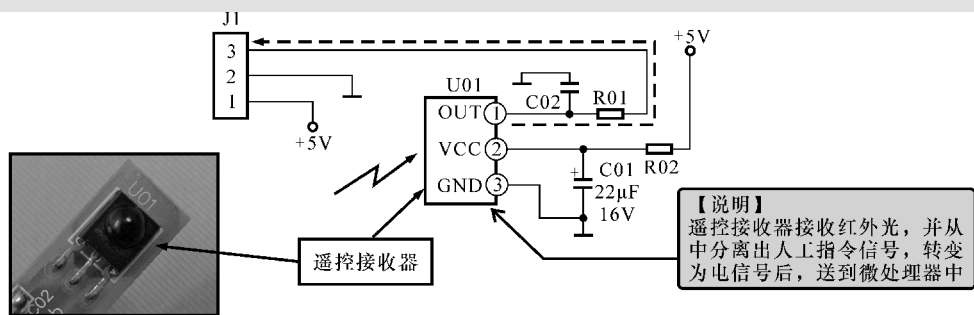


图 8-10 采用光敏三极管作为遥控接收器电路



8.2 轻松搞定对“遥控电路”的识图训练



对于“遥控电路”的识读，我们应先了解电路的结构组成，然后根据电路中各种关键元器件的作用、功能特点，对电路的信号流程进行分析。下面，我们将通过实例详细介绍“遥控电路”的识读方法。

8.2.1 搞定“微型遥控发射电路”的识图分析



图 8-11 所示为微型遥控发射电路，该电路输出控制信号的种类较少，电路也比较简单，主要是由四组操作按键、集成电路（8801）、红外发光二极管构成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当操作 A、B、C、D 四个按键时，便会有四组不同的指令信号送入集成电路 IC1 中，IC1 便有四种不同的调制信号输出，经复合三极管去驱动红外发光二极管发射不同的红外光线。

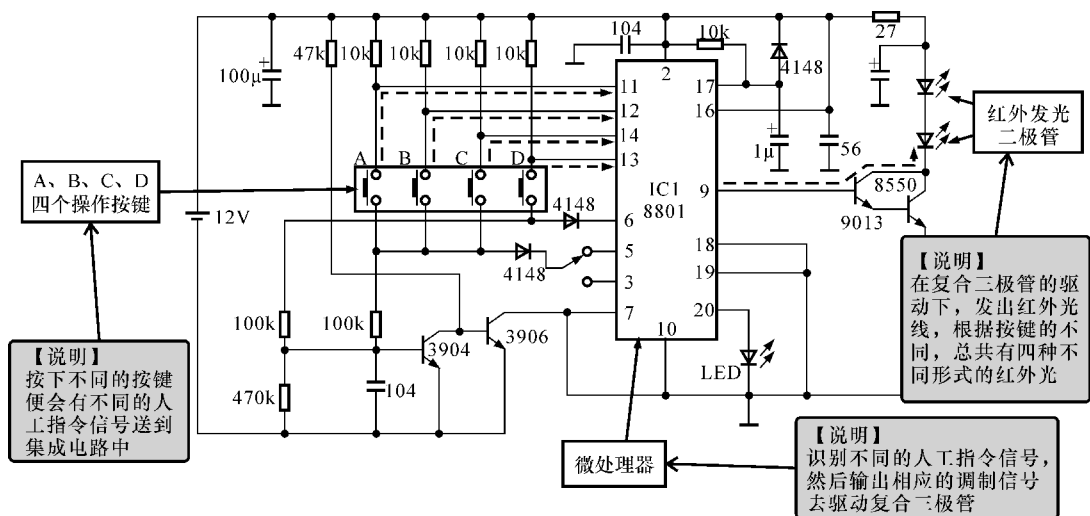


图 8-11 微型遥控发射电路

图 8-12 所示为微型遥控接收和控制电路，与上述发射电路相对应。遥控信号的放大和滤波、整形电路采用 MC3373 集成电路。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：红外接收二极管接收遥控发射电路发出的红外光信号，由⑦脚送入到集成电路 IC1 中进行放大后，再经选频、滤波和整形，由①脚输出控制脉冲信号。

控制脉冲信号直接送到控制集成电路 IC2 的⑫脚，在 IC2 中进行识别处理后，由⑫脚、③脚、⑤脚、⑪脚、⑨脚输出相应的控制信号，然后分别经驱动三极管控制继电器 K1 ~ K4 工作。

例如操作发射电路的 A 键时，接收控制电路的继电器 K1 动作，操作 B 键时，K2 动作。

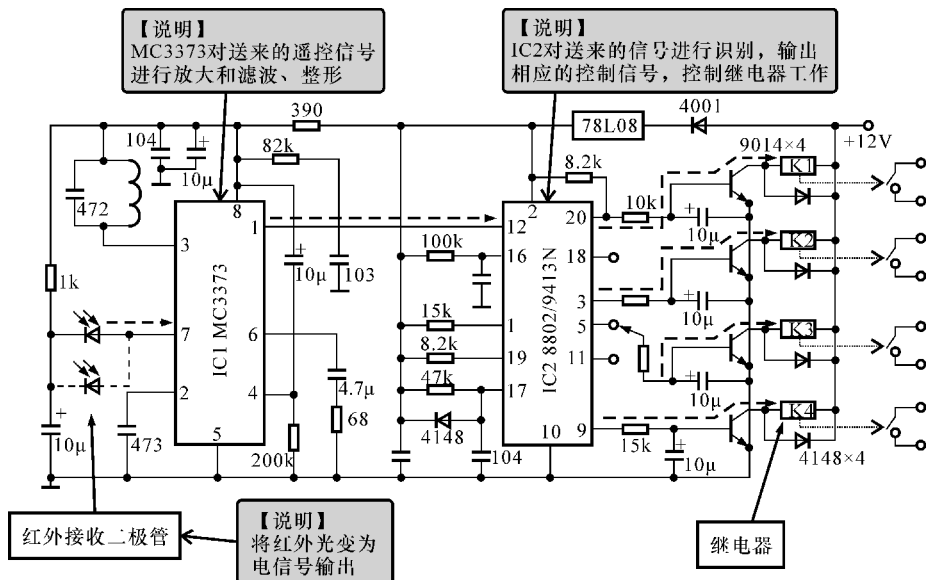


图 8-12 微型遥控接收和控制电路

8.2.2 搞定“多功能遥控发射电路”的识图分析



图 8-13 所示为多功能编码式遥控发射电路, 该电路主要由遥控发射信号产生集成电路 $\mu\text{PD}1913\text{C}$ 、红外发光二极管、晶体、键盘矩阵电路等构成。

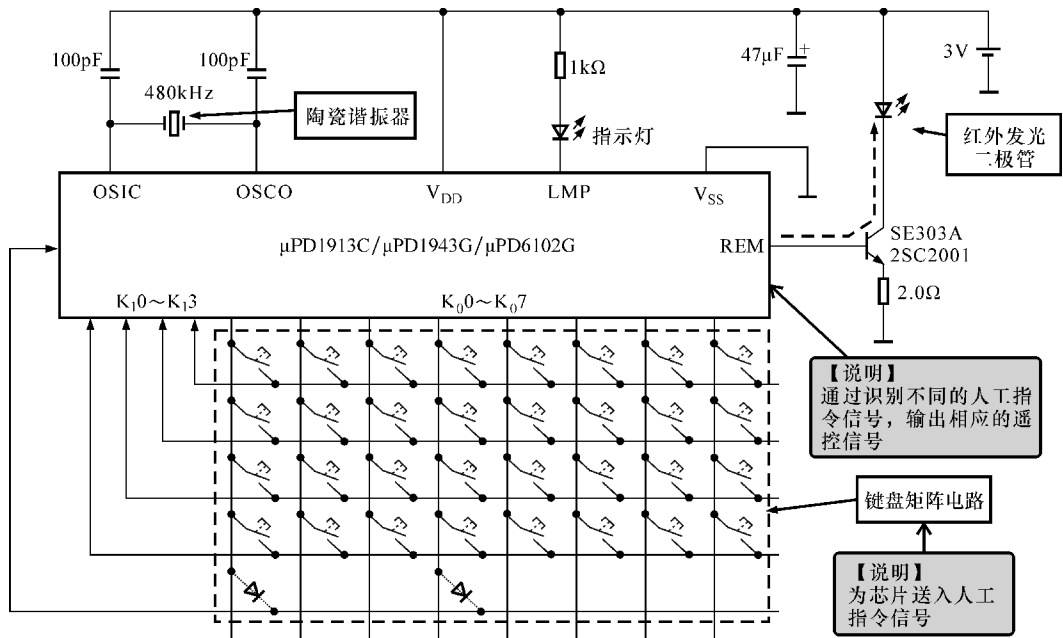


图 8-13 多功能编码式遥控发射电路



μ PD1913C 将振荡、编码和调制电路集成在一起，其外接晶体与芯片内部振荡电路产生 480kHz 时钟信号；键盘矩阵电路为 IC 提供人工指令信号；LMP 端外接发光二极管指示工作状态。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：通过操作按键为 μ PD1913C 送入人工指令信号，经芯片识别后由 REM 端输出遥控信号，该信号经三极管驱动红外发光二极管，发射出红外遥控信号。

图 8-14 所示为遥控接收电路，上图相对应。找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：红外接收二极管 PH302 将接收的电信号送入 μ PC1373H，经放大整形后由 OUT 端输出控制脉冲信号，然后送到微处理器 μ PD550C 中，经过识别后，根据内存的程序输出各种控制指令（ $D_0 \sim D_3$ ， $B_0 \sim B_3$ ）。

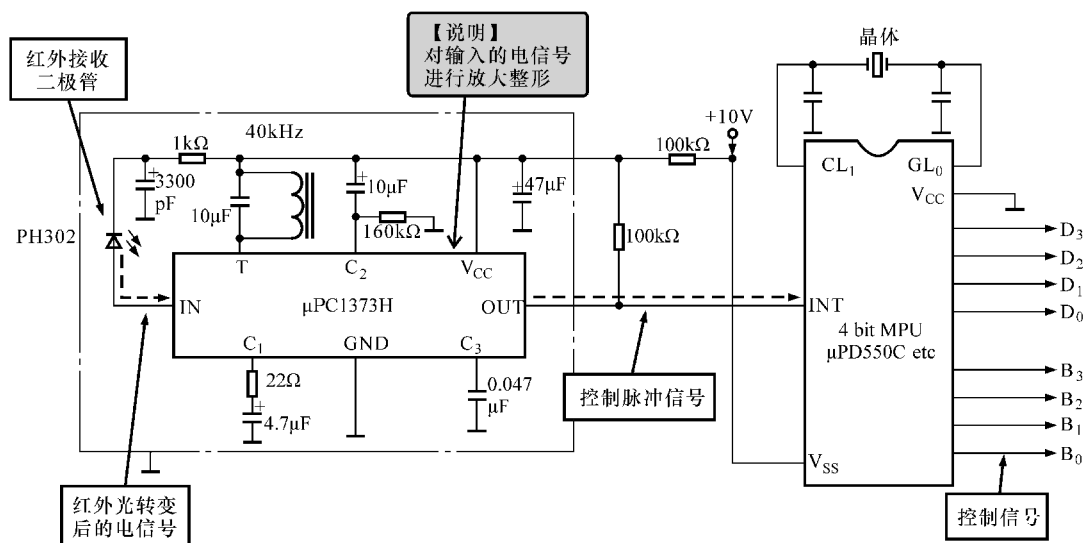


图 8-14 遥控接收电路

8.2.3 搞定“高灵敏度遥控电路”的识图分析



图 8-15 所示为采用 SE303A 红外发光二极管的遥控发射电路和采用 PH302 红外接收二极管的遥控接收电路。PH302 红外接收二极管是与 SE303A 红外发光二极管相配套的一组器件，即 PH302 的光谱灵敏度与 SE303A 发光的频谱相对应，使遥控灵敏度达到最佳状态。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：遥控发射电路中由 μ PD4069 中的反相器 A、B、C 构成脉冲振荡器，脉冲信号经 μ PD4029 计数器分频形成 1/16 占空比的脉冲信号，在遥控时，脉冲信号经开关 SW 和电流缓冲器去激励输出级，使发光二极管 SE303A 发射出脉冲信号。

接收电路中，光敏二极管 PH302 收到红外光信号，并由场效应晶体管变成需要的电信号，经两级放大后，由单稳态电路整形成固定宽度的脉冲信号，最后去驱动负载工作。

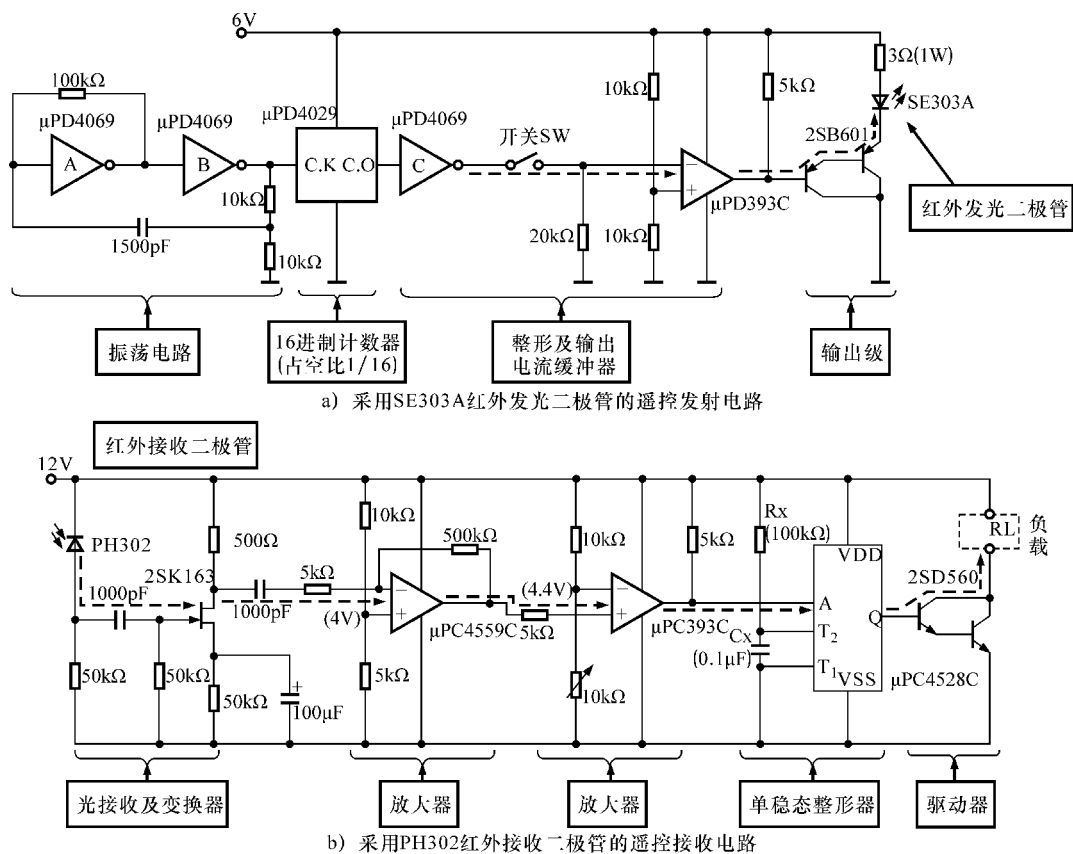


图 8-15 采用 SE303A 红外发光二极管的遥控发射电路和采用 PH302 红外接收二极管的遥控接收电路

8.2.4 搞定“超声波遥控发射电路”的识图分析



图 8-16 所示为一种简单超声波遥控发射电路，它常作为超声波遥控开关电路的发射部分。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：开关接通后电池为时基电路 IC1 供电，使时基电路产生振荡信号，该信号由 IC1 的③脚输出，经互补推挽输出电路去驱动超声波发射器 W1 发出超声波信号。超声波信号必须由超声波感应器接收并将超声波信号转换成电信号。

8.2.5 搞定“电动玩具无线遥控发射电路”的识图分析



图 8-17 所示为一种简单的电动玩具无线遥控发射电路，该电路主要由开关 S、无线遥控发射器 IC1、集成电路 IC2 及外围相关元器件构成的。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当按下开关 S 时，电池为电路中各元件提供工作电压，时基集成电路 IC2 与外围元件构成振荡电路开始工作，由其③脚输出振荡信号，该信号经 IC1 进行调制后，变成无线电射频信号，通过其内置天线发出信号。

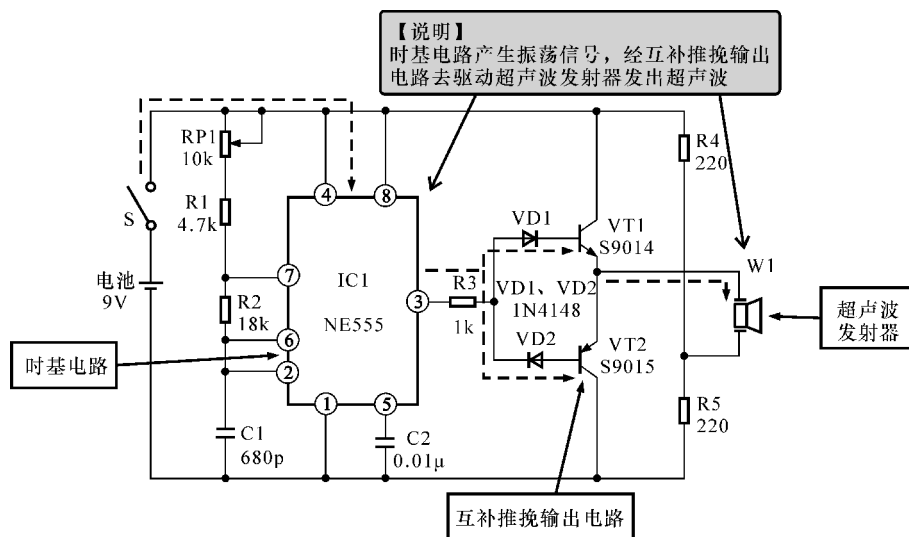


图 8-16 一种简单超声波遥控发射电路

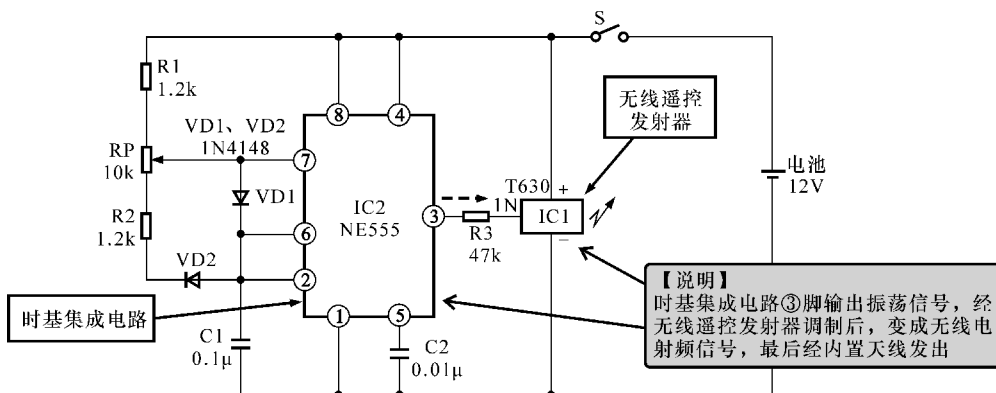


图 8-17 一种简单的电动玩具无线遥控发射电路

8.2.6 搞定“换气扇红外线遥控开关电路”的识图分析



图 8-18 所示为换气扇红外线遥控开关电路，该电路主要由电源供电电路、红外线遥控接收头 IC1 和控制电路等部分构成的。

该电路中，电源供电电路主要由桥式整流堆 VD1 ~ VD4、稳压二极管 VS 和滤波电容器 C2 组成；IC1 为红外线遥控接收头；控制电路主要由 IC2 ~ IC4 以及三极管 VT 和继电器 K 等构成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当接通电源开关 S 时，交流 220V 经降压、整流、稳压和滤波后输出约 5V 的直流电压，为控制电路供电。

按动遥控发射器时，由遥控接收头 IC1 接收来自遥控器的红外信号，该信号经 IC1 放大后由③脚输出送到 IC2 的②脚，IC2 的输出再经 IC3 反相后，再经 IC4 处理，由其⑤脚输出高电平，



触发三极管 VT 导通，继电器 K 吸合，其常开（动合）触点 K-1 吸合，负载接通电源开始工作。

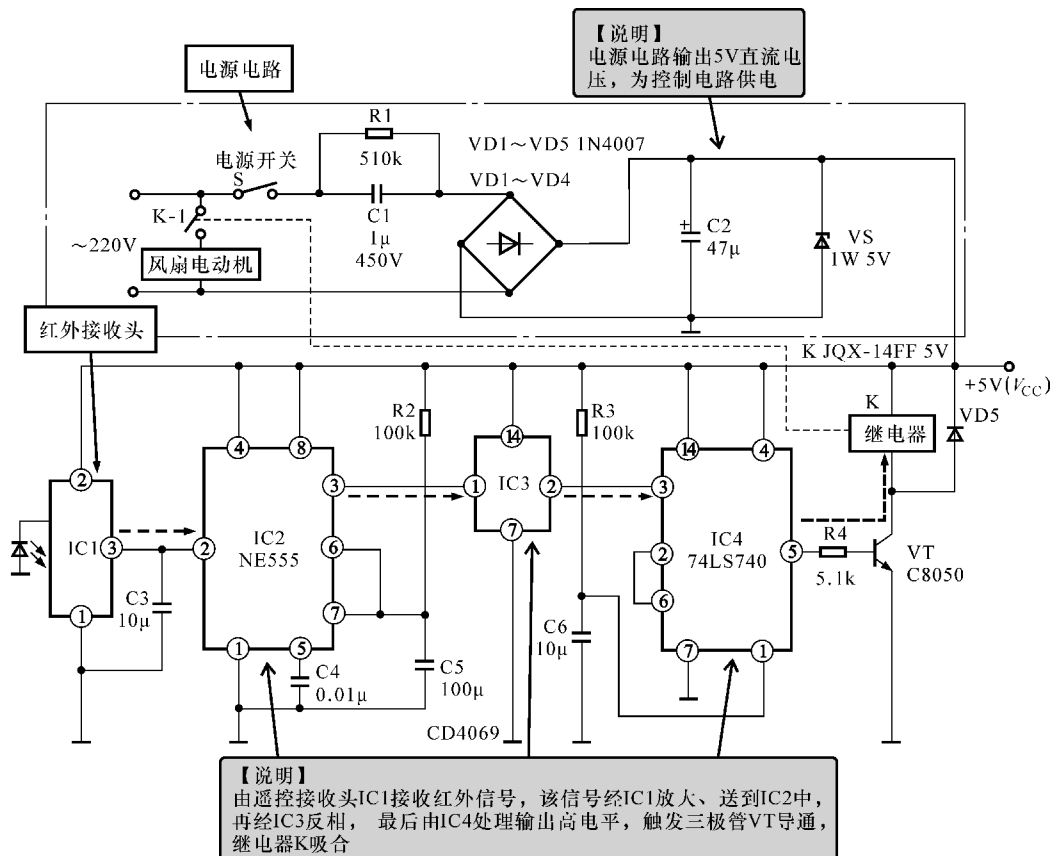


图 8-18 换气扇红外线遥控开关电路

8.2.7 搞定“高性能红外遥控开关电路”的识图分析



图 8-19 所示为高性能红外遥控开关电路，该电路由发射部分（图 a）、接收部分（图 b）两部分组成。

发射部分主要是由 NE555 和红外发光二极管 VD1、VD2 组成的。NE555 与 R1、RP1、C1 组成多谐振荡器，振荡频率在 35kHz 左右。

接收部分包括红外接收头（光敏三极管 3DU）、前置放大器 IC1、IC2（检波和整形放大器及双稳态触发器）及双向晶闸管等构成的。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：在电路中，红外发光二极管与红外接收头应配套安装，IC1 是一种专用遥控（红外）信号放大集成电路 KA2181，其内部设有前置放大、选频、检波、AGC 和整形电路。调谐回路 L1、C3 调谐在发射载频 35kHz 上，输出为脉冲信号。IC2 采用声控集成块 SL517A，该集成电路具有放大、双稳态触发、驱动等功能。脉冲经放大后触发双稳电路，每收到一次遥控（红外光）信号，电路翻转一次，由⑧脚输出，晶闸管（VT1）改变一次通、断状态，实现高性能的红外遥控。

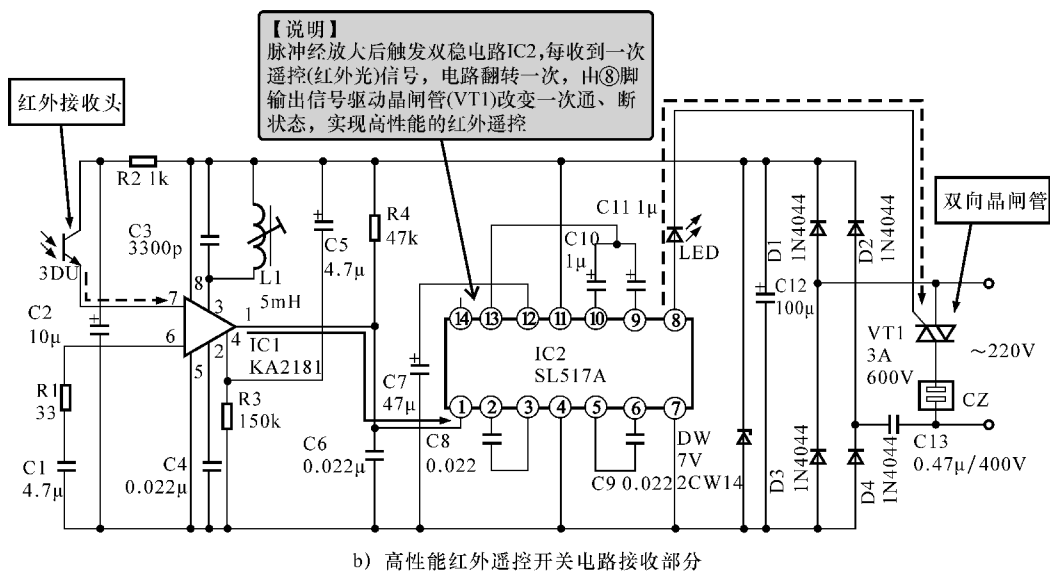
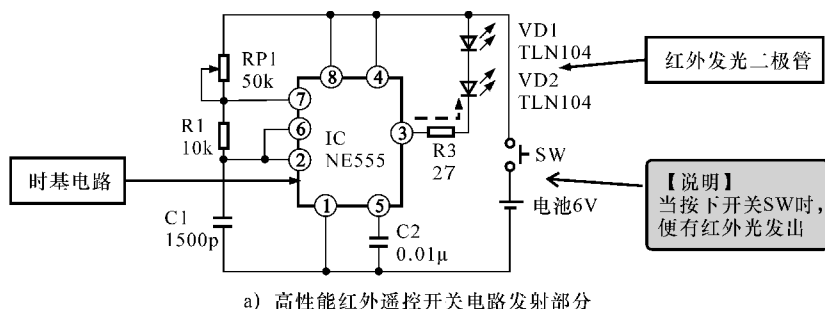


图 8-19 高性能红外遥控开关电路

8.2.8 搞定“红外遥控开关电路”的识图分析



图 8-20 所示为一种典型红外遥控开关电路, 该电路主要包括遥控发射电路和遥控接收电路两部分。

遥控发射电路主要是由 NE555 振荡器和红外发光二极管构成的。NE555 集成电路与 R1、RP、C1 组成无稳态多谐振荡器, 振荡频率为 1~20kHz, 该频率可通过 RP 确定。

遥控接收电路则是由遥控(红外)接收头(二极管 VD1)、信号放大和控制电路组成的。

当按下开关 K 时, 发射电路发出红外信号。当接收到由遥控发射电路送来的遥控(红外)信号后, 遥控接收头 VD1 将光信号转化为电信号, 经 VT1 和 IC1 放大, 驱动音频译码器 IC2 和声控电路部分工作, 最后驱动 VT2, 由 VT2 去驱动继电器, 完成控制动作。



图 8-20 一种典型红外遥控开关电路

通过案例搞定“逻辑电路”的识读



现在，开始第9章的学习。本章我们要掌握逻辑电路的识图技能。学习逻辑电路的识读，首先要对逻辑电路的特征有所了解，为此我们特别选取几种常见的逻辑电路，从这些逻辑电路的特征入手开始了解，然后，在此基础上挑选了数十种典型的逻辑电路，逐一进行识图训练，以案例演示的方式引导大家完成对逻辑电路的识图练习。相信经过这大量实用逻辑电路的识图实训案例，大家一定能掌握过硬的逻辑电路识图本领。

9.1 看一看，逻辑电路有什么特征



对逻辑电路的识读，我们首先要了解逻辑电路的功能特征，接下来逐一了解几种常见逻辑电路（门电路、反相器、触发器等）的特点，搞清逻辑电路的基本形式和概念，为进行逻辑电路的完整识图打好基础。

9.1.1 别急！先搞清逻辑电路的功效是什么



逻辑电路是以二进制为原理，实现数字信号逻辑运算和操作的电路。简单来说，逻辑电路是一种根据输入指令做出相应判断、分析和处理后，再输出相关指令信号的电路。

图 9-1 为逻辑电路的基本工作流程图。可以看到，逻辑电路是将输入到电路中的指令进行逻辑分析、运算和处理后，再输出指令的一种功能电路，指令的分析、处理都由逻辑电路核心功能部件实现。

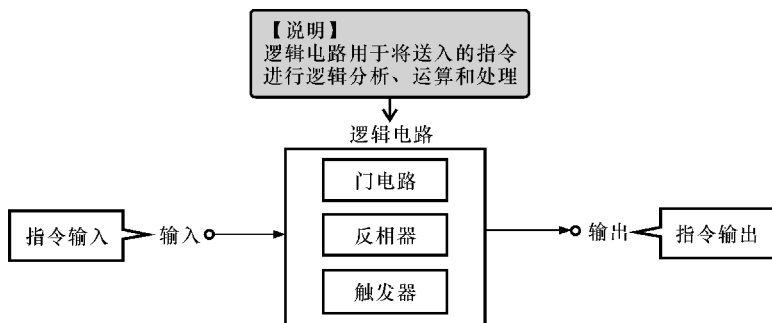


图 9-1 逻辑电路的基本工作流程图

一般来说，逻辑电路通常由指令输入元件、指令执行及处理器件和指令输出部件构成。逻辑电路主要元器件关系对应模型如图 9-2 所示。

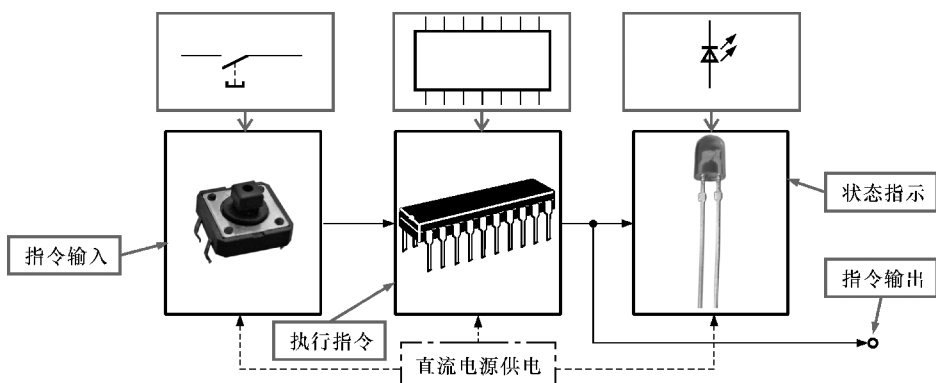


图 9-2 逻辑电路主要元器件关系对应模型

例如，电磁炉作为一种典型的家用电子产品，它的工作状态和性能体现都由数码管实现。在实际电路中，电磁炉的工作状态和产品功能的实现由其操作按键控制，也就是说当用户通过操作按键送入人工指令后，它的数码管将这一指令的最终执行结果输出，则中间将控制指令转换为数码管显示指令的电路就是一种典型的逻辑电路。逻辑电路在电磁炉中的应用如图 9-3 所示。

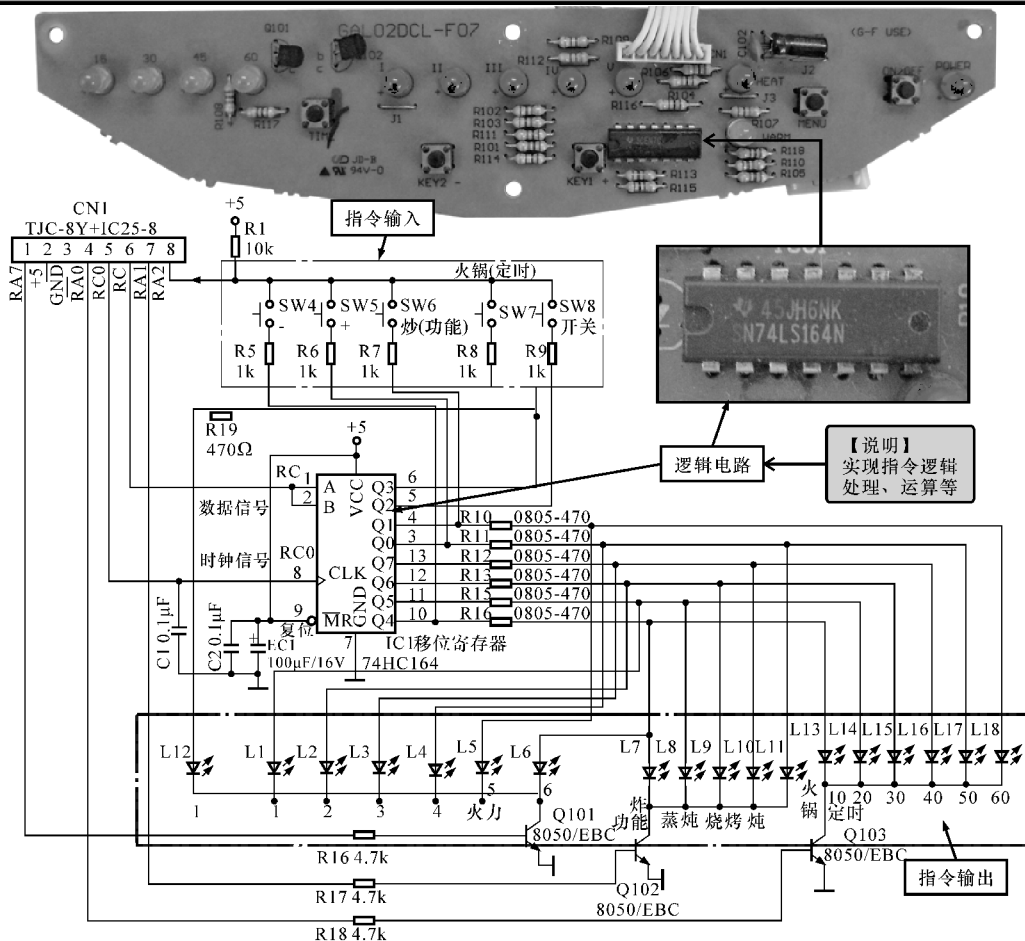


图 9-3 逻辑电路在电磁炉中的应用



根据逻辑电路的结构和工作特性，目前常见的逻辑电路主要由门电路、反相器、触发器等构成。接下来我们就先分别了解一下这几种基本逻辑电路的电路特征。

9.1.2 开始！了解门电路的特征



逻辑门电路是基本的电子电路，是所有数字电路的基础，它实际上是一种信号控制电路。当输入信号符合特定的逻辑关系时，它输出的是一种电平信号，当输入信号不符合这种逻辑关系时，它输入另一种不同的电平信号。最基本的逻辑电路有与门（AND）电路、或门（OR）电路和非门（NOT）电路等，逻辑电路的电路结构和逻辑符号如图 9-4 所示。

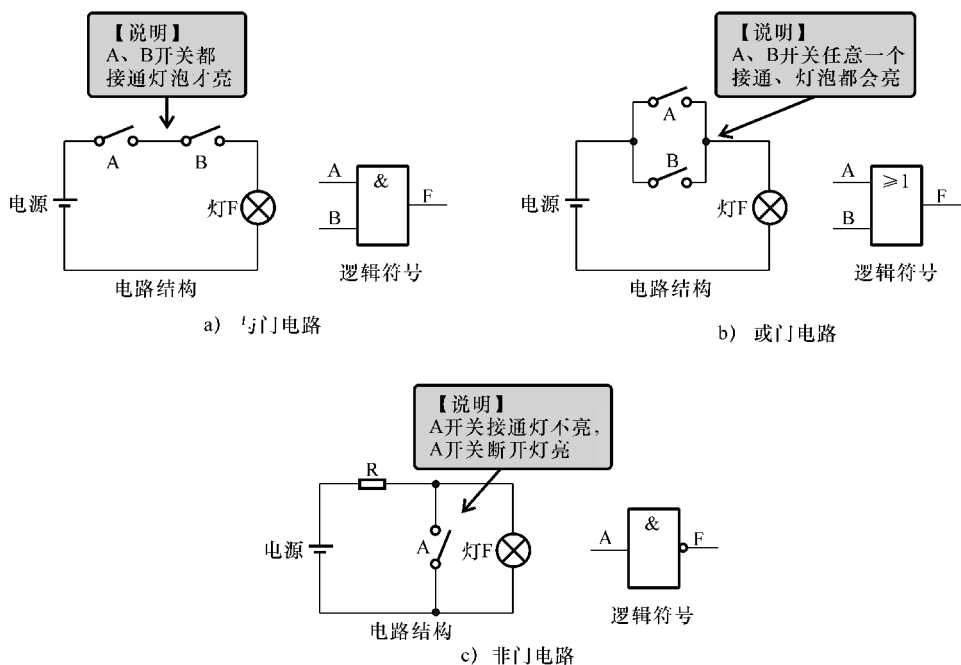


图 9-4 逻辑电路的电路结构和逻辑符号

与门电路是指只有在在一件事情所有的条件都具备时，事情才会发生。如图 9-4a 所示，只有在开关 A 和 B 都处于闭合状态时，灯（F）才会亮，若开关 A 和 B 任意一个处于开路状态，条件不满足，灯（F）都不会亮，其逻辑式为 $F = A \cdot B = AB$ 。

或门电路是指只要有一个或一个以上条件满足时，事情就会发生。如图 9-4b 所示，只要开关 A 和 B 有一个处于闭合状态，电流就可通过开关进入灯（F），灯（F）亮。只有在开关都断开的情况下，灯（F）才不会亮，其逻辑式为 $F = A + B$ 。

非门电路又称“否”运算电路，也称为“反”运算电路。如图 9-4c 所示，当开关 A 处于闭合状态下，电路处于短路状态，灯（F）不亮；当开关 A 处于断开状态下，则灯（F）亮。

表 9-1 所列为逻辑运算的真值表。

表 9-1 逻辑运算的真值表

与运算			或运算			非运算	
A	B	F	A	B	F	A	F
0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1		



【注意】

与门：利用内部结构，使输入两个高电势时，输出高电势，当不满足有两个高电势时则输出低电势。

或门：利用内部结构，使输入两个低电势时，输出低电势，不满足有两个低电势时则输出高电势。

非门：利用内部结构，使输入的电势变成相反的电势，即高电势高低电势，低电势变高电势。



【资料】

在识图过程中，有些门电路符号采用了国外标准，与我国的国家标准有所区别。为了帮助大家能够准确快速的识图，这里我们将国家标准与国外标准进行了整理和比较，基本门电路国内、国外符号比较如表 9-2 所列。

表 9-2 基本门电路国内、国外符号比较

名称	国标图形符号	国外流行符号	曾用符号
与门			
或门			
非门			
与非门			
或非门			

9.1.3 了解反相器的特征

反相器是一种信号的反相放大器，这个电路从逻辑上来说是一个“非”电路，即“非门”。



图 9-5 所示为反相器电路的基本特征，即输出信号的相位与输入相反，输入正极性脉冲，输出则为反极性脉冲。

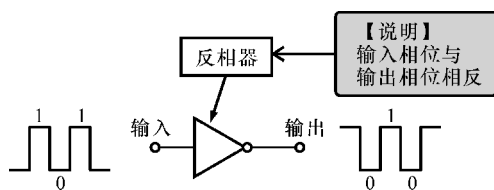


图 9-5 反相器电路的基本特征

在实际应用中，反相器通常以集成电路形式体现，内部多由几个相同功能的反相器集合而成，如图 9-6 所示。

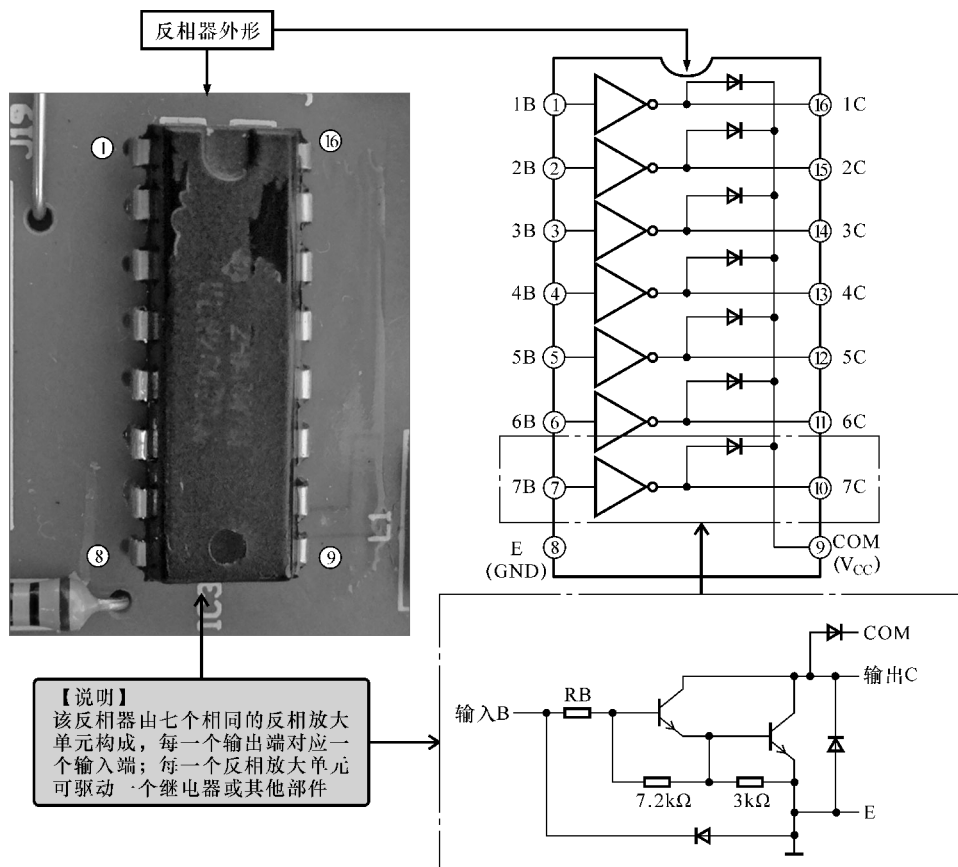


图 9-6 在实际应用中，反相器通常以集成电路形式体现

图 9-7 为反相器的功能示意图。可以看到，当微处理器输出低电平时，反相器将信号反相输出高电平，三极管受到激励而导通，+12V 经继电器线圈、VT1 到地，即线圈得电，其触点吸



合，从而控制相应元件动作（压缩机得电）；当微处理器输出高电平时与上述过程正好相反。

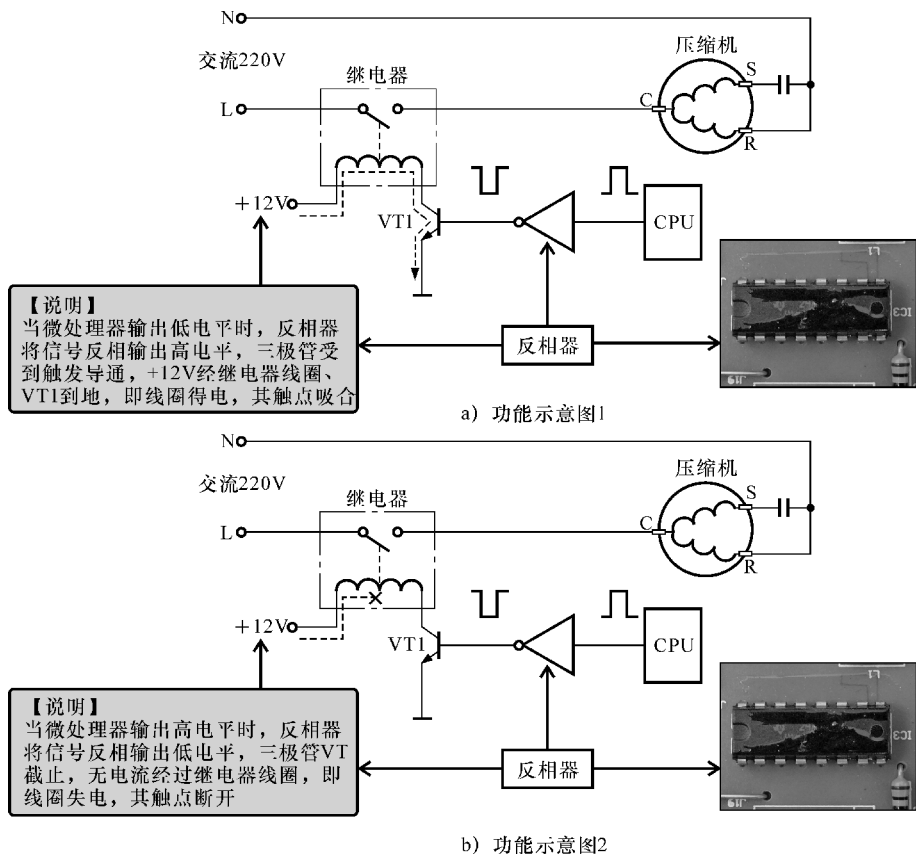


图 9-7 反相器的功能示意图

反相器是逻辑信号处理系统中的基本单元电路，根据结构不同，主要有 DTL 型、TTL 型和 CMOS 型三种。

1. DTL 反相器

DTL 是 Diode Transistor Logic（二极管三极管逻辑）的简称。图 9-8 所示为 DTL 反相器电路的内部结构（M5936P），输入端采用二极管，信号处理为三极管，电源为 +5V。当输入端 A 为高电平（数字“1”）时，二极管 VD1 截止，三极管 VT1 导通，三极管 VT2 导通输出为低电平（数字“0”）；当输入为低电平（数字“0”）时，VD1 导通，VT1 截止，VT2 截止，输出高电平（数字“1”）。

2. TTL 反相器

TTL 是 Transistor Transistor Logic（三极管逻辑）的简称。它与 DTL 反相器的区别是 DTL 电路采用二极管作输入电路，TTL 则采用三极管作输入电路。

图 9-9 所示为具有六个反相器的 TTL 集成电路（SN7404、M53204P），每一个反相器的内部电路结构也示于图中。

直流电压 +5V 为每一个反相器提供电源，当输入端 A 为高电平（数字“1”）时，三极管 VT1 截止，三极管 VT2 导通，二极管 VD2 截止，三极管 VT3 导通，输出端 A 为低电平（数字



“0”)；如果输入端 A 为低电平（数字“0”）时，电路发生反相的变化，则输出端 $\bar{A}$ 为高电平。

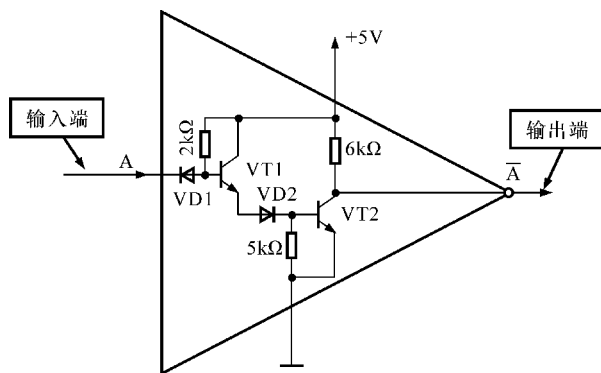


图 9-8 DTL 反相器电路的内部结构 (M5936P)

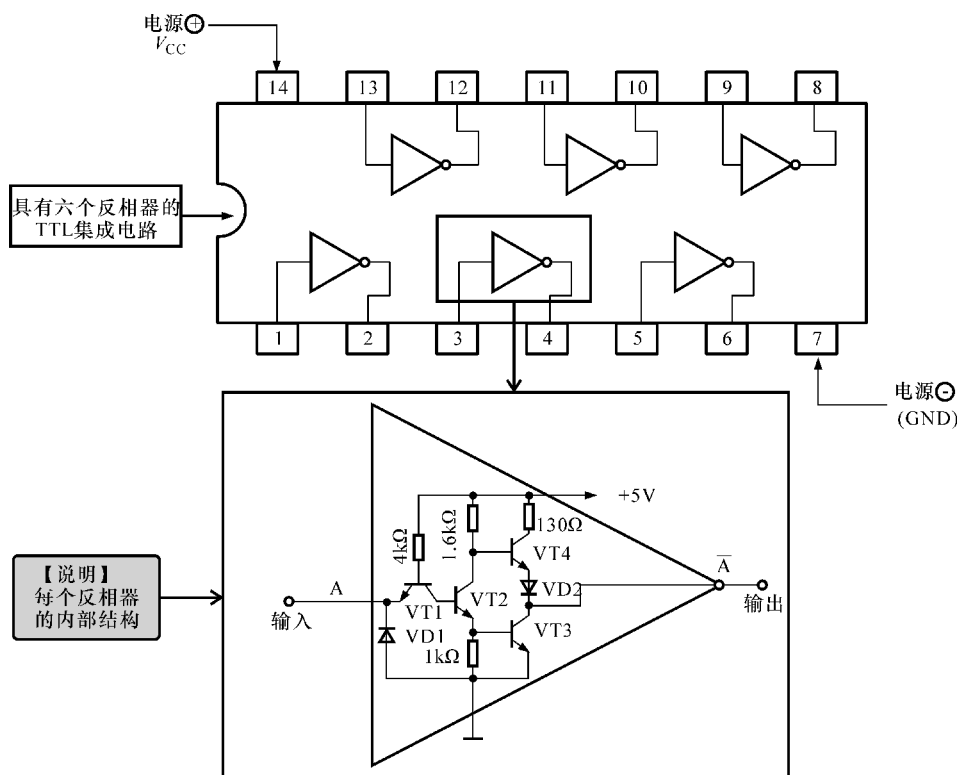


图 9-9 具有六个反相器的 TTL 集成电路 (SN7404、M53204P)

3. MOS 场效应管 (FET) 反相器

CMOS 是 Complementary Metal Oxide Semiconductor (互补型场效应晶体管) 的缩写，这种电路是采用 MOS 场效应晶体管组成的逻辑电路。场效应晶体管既可以作为线性放大器，也可以制



成逻辑门电路，图 9-10 所示为用 MOS 场效应晶体管制作的反相器。

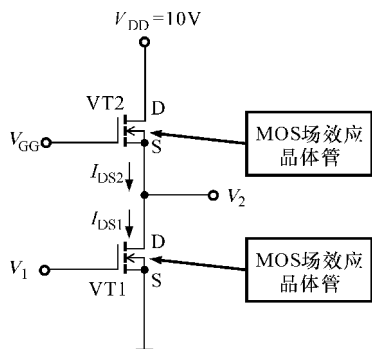


图 9-10 用 MOS 场效应晶体管制作的反相器

MOS 场效应晶体管有 N 沟道和 P 沟道之分，用两者组成的互补对称的电路简称 CMOS 互补输出电路，图 9-11 所示为互补对称场效应晶体管的工作原理。当输入端②为高电平（数字“1”）输入时，N 沟道场效应晶体管导通，③脚输出低电平（数字“0”）；当②脚输入低电平（数字“0”）时，P 沟道场效应晶体管导通，③脚输出高电平（数字“1”）。

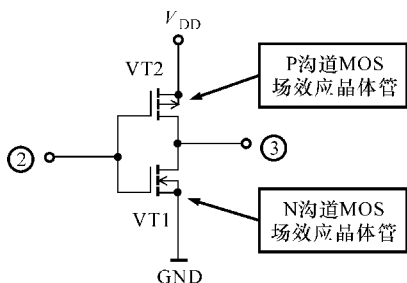


图 9-11 互补对称场效应晶体管的工作原理

图 9-12 所示为 CMOS 反相器及其内部结构，作为一个实用电路（型号 CD4069 或 TC74049），其工作原理与 TTL 电路相同。当 A 端输入高电平时，N 沟道场效应晶体管 VT1 导通，P 沟道场效应晶体管 VT2 截止，输出端 $\bar{A}$ 为低电平；当 A 端输入低电平时，则电路工作状态发生变化，VT2 导通，VT1 截止，输出端 $\bar{A}$ 变为高电平。

9.1.4 再来！了解触发器的特征



在各种复杂的数字电路中，不但需要对数字信号进行逻辑运算，还经常需要将这些信号和结果保存起来。因此，需要使用具有记忆功能的基本逻辑单元——触发器。

触发器具有两个稳定状态，即 0 态和 1 态。如果外加合适的触发信号，触发器就能从一个稳态转化到另一个稳态。

触发器从逻辑功能上，可分为 RS 触发器、T 触发器、D 触发器、JK 触发器等。

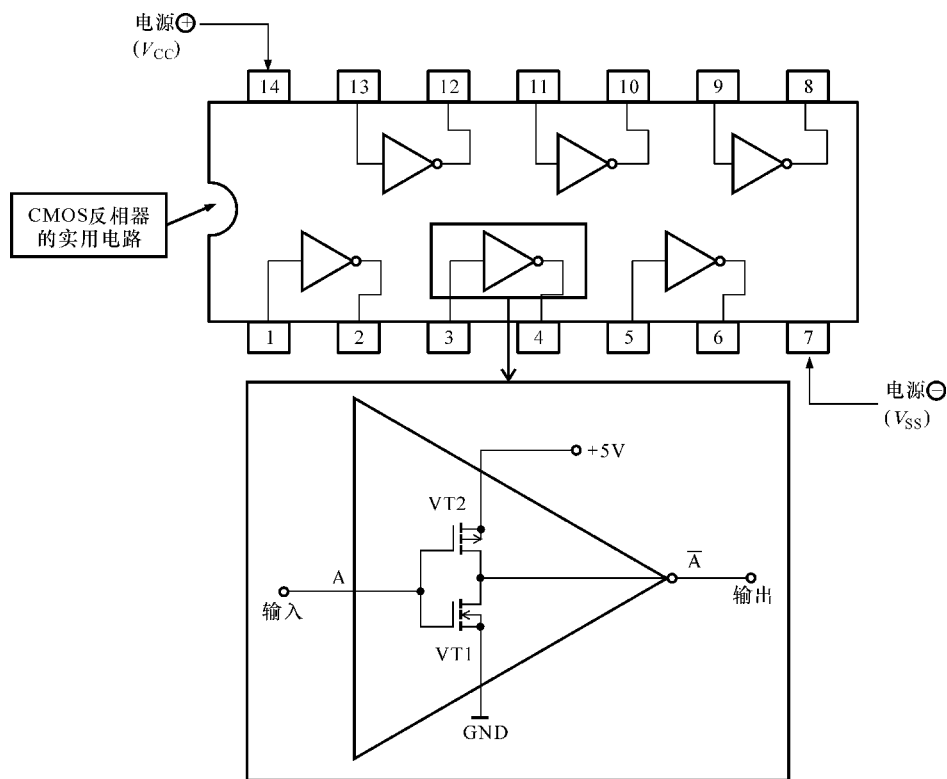


图 9-12 CMOS 反相器及其内部结构

1. 基本型 RS 触发器的特点

图 9-13 所示为 RS 触发器的电路结构，它可以由两个门电路构成，如两个与非门或两个异或门构成。 $\bar{S}$ 为复位端 (RESET)， $\bar{S}$ 为置位端 (SET)，输出 Q 和 $\bar{Q}$ 相反。这种触发器是非同步触发器。

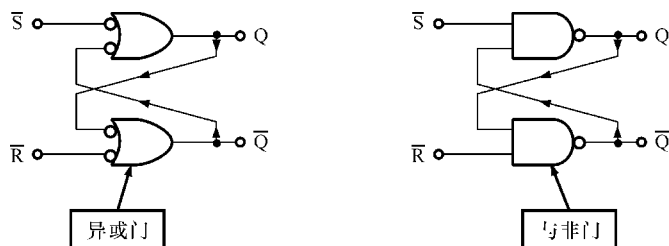


图 9-13 RS 触发器的电路结构

图 9-14 为 RS 触发器的工作原理图。当开关既不在 $\bar{S}$ 端、也不在 $\bar{R}$ 端时，触发器的输出端是不确定的。当开关置向一侧时，就决定了触发器的输出。例如，当开关置于 $\bar{S}$ 端时， $\bar{S}$ 端为低电平（地）， $\bar{R}$ 端则为高电平，与非门①的输入为低电平，与非门②的输入为高电平，这样就使触



发器的 Q 端输出为高电平, $\bar{Q}$ 的输出为低电平。

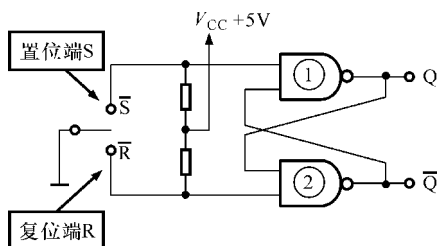


图 9-14 RS 触发器的工作原理

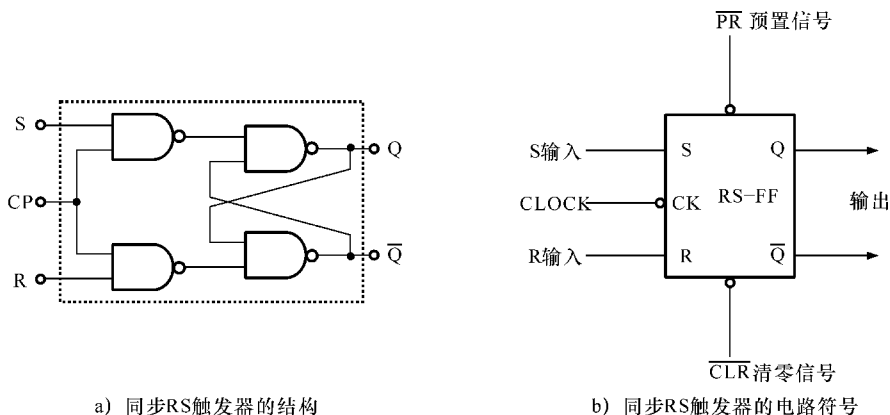
如果输入开关置于 $\bar{R}$ 端, 则触发器会反转, Q 端变成低电平, $\bar{Q}$ 端变成高电平。

由此可见, 输入端 $\bar{R}$ 、 $\bar{S}$ 既不可能同时为高电平, 也不可能同时为低电平, 只有两种状况, 即其中一个为高电平而另一个为低电平, 则触发器 Q 和 $\bar{Q}$ 端口也必然输出状态相反的信号。

2. 同步 RS 触发器 (同步 RS - FF)

基本型 RS 触发器属于非同步 RS 触发器, 不能与系统中的时钟信号同步, 同步 RS 触发器则附加了同步功能, 可以与时钟信号同步工作。

图 9-15 所示为同步 RS 触发器的电路结构及电路符号。它的两个输入端用了两个与非门, 并增加了一个时钟脉冲输入端 (CP)。



a) 同步RS触发器的结构

b) 同步RS触发器的电路符号

图 9-15 同步 RS 触发器的电路结构及电路符号

集成化的同步 RS 触发电路如图 9-16 所示。

3. T 触发器 (T - FF)

T 触发器是一种触发式双稳态电路, 它的 T 端是信号触发端, 当信号触发端的信号发生变化时, 双稳态电路的输出也会同时发生变化。

图 9-17 所示为 T 触发器的电路结构及输入和输出信号波形。由图可见, T 触发器也是一个 1/2 分频电路, T 端输入两个脉冲, 而输出端则输出一个脉冲。

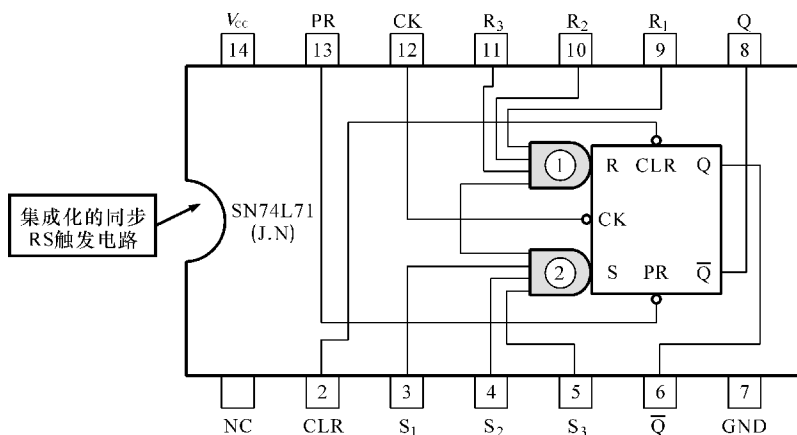
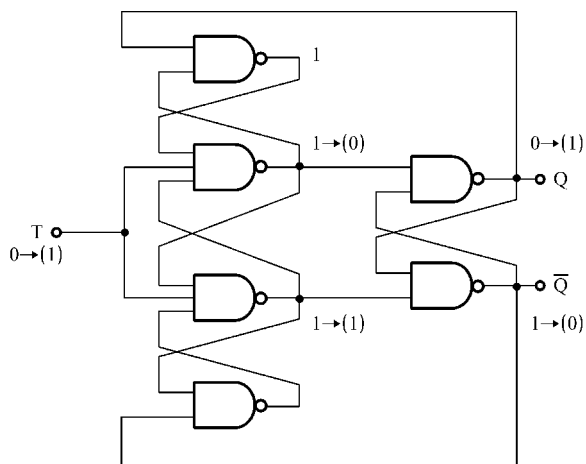
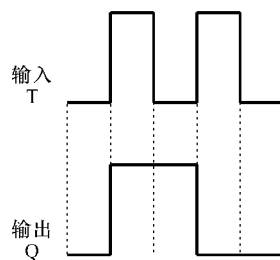


图 9-16 集成化的同步 RS 触发电路



a) T 触发器的结构



b) T 触发器的输入和输出信号波形

图 9-17 T 触发器的电路结构及输入和输出信号波形

4. D 触发器 (D - FF)

D - FF 的“D”是英文延迟之意，因而 D 触发器是一种延迟电路。对 D 触发器如果没有时钟信号，D 触发端不管输入“1”还是输入“0”，触发器都不动作，只有当有时钟信号输入时才会动作。

图 9-18 所示为 D 触发器的电路符号及输入和输出信号波形。

当 D 触发器有连续脉冲信号输入时，D 触发器实际的信号波形如图 9-19 所示。

图 9-20 所示为集成 D 触发器的电路结构、真值表和信号波形。集成 D 触发器 SN7474 是由 RS - FF 和 D - FF 两个触发器组成的。

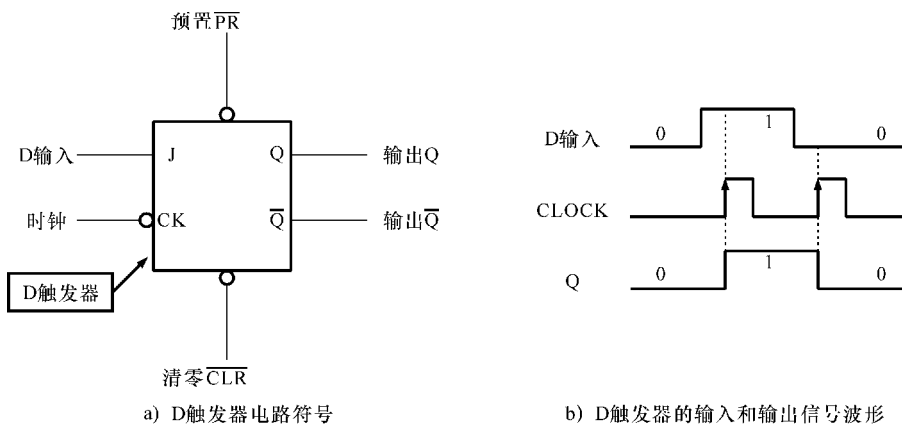


图 9-18 D 触发器的电路符号及输入和输出信号波形

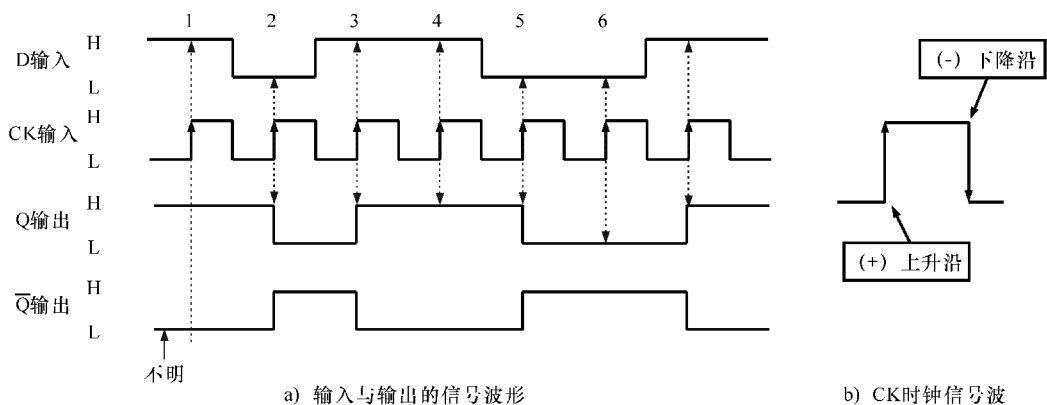


图 9-19 D 触发器实际的信号波形

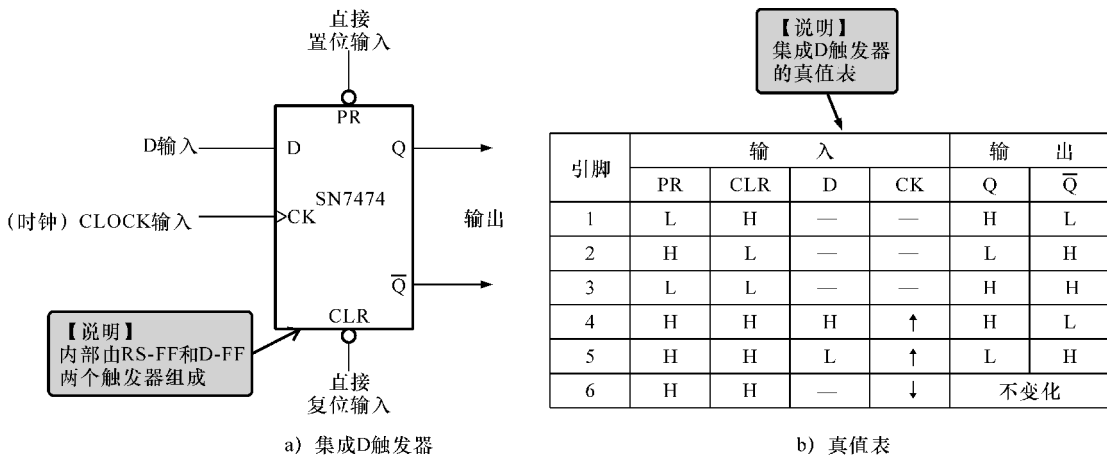
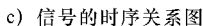
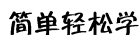


图 9-20 集成 D 触发器电路结构、真值表和信号波形



JK 触发器是主从触发器，它有两个输入端 J、K，称为主从触发信号。JK 触发器的电路结构及信号波形如图 9-21 所示。

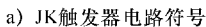


图 9-21 JK 触发器的电路结构及信号波形

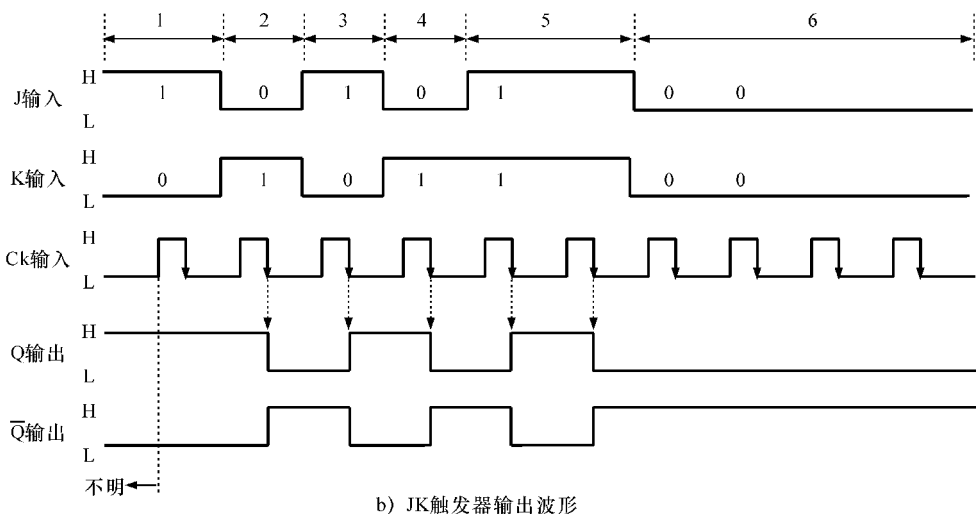


图 9-21 JK 触发器的电路结构及信号波形（续）



【资料】

D 触发器（D-FF）同其他触发器的比较如图 9-22 所示。

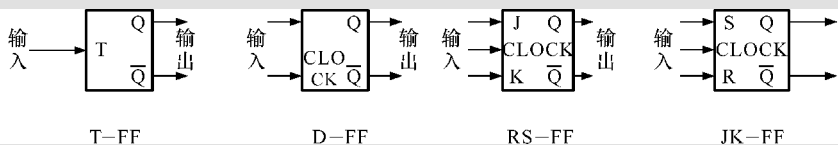


图 9-22 D 触发器（D-FF）同其他触发器的比较

9.2 轻松搞定对“门电路”的识图训练



门电路是电子产品中最基本的逻辑电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的门电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。

9.2.1 搞定对“二到十进制编码电路”的识图分析



对于二到十进制编码电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

在数字电路中使用的是二进制数，而日常生活中用到的是十进制数。要想把十进制数输入到数字电路中去，必须使用二-十进制编码电路将十进制变成二进制编码信号及 BCD 码。

图 9-23 所示为一个典型的二-十进制编码电路，可以看到，该电路主要是由与非门电路、10 个自锁式按键（S1 ~ S10）及外接电阻器等部分构成的。

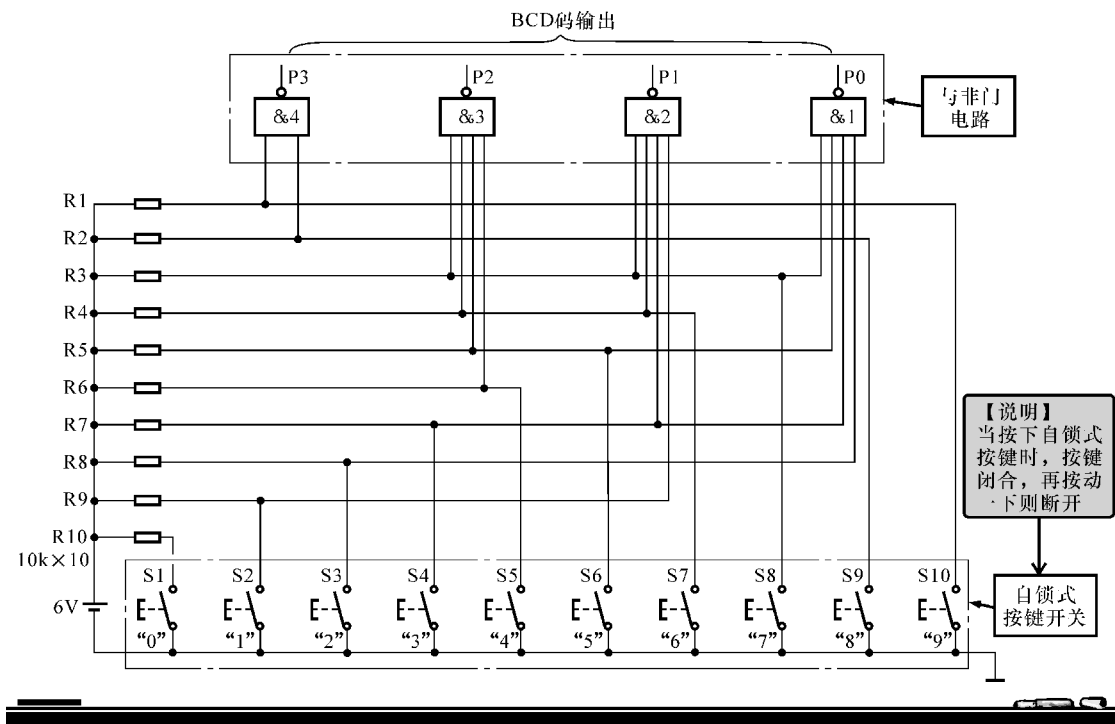


图 9-23 一个典型的二 - 十进制编码电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当将 10 个自锁式按键（S1 ~ S10）都按下时，四个与非门的所有输入端均为高电平，与非门 1 ~ 4 的四个输出端输出“0000”。

当只按下 S1 开关（“0”键）时，电路状态并没有改变，输出仍是“0000”，即十进制数 0 的 BCD 码；当按下 S2 开关（“1”键）时，与非门 2、3、4 的输入端没有变化，输入端仍全是高电平，它们的输出端均为低电平，所以电路输出为 BCD 码“0001”；当按动 S8 开关（“7”键）时，与非门 1、2、3 各有一个输入端为低电平，编码器输出的是 BCD 码“0111”。

从上述例子可以看出，按下哪个数字键，就会在编码电路的相应输出端得到与其相对应的 BCD 码，这样就实现了十进制到二进制的编码过程。

9.2.2 搞定对“触摸键控电路”的识图分析



对于触摸键控电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-24 所示为一种典型的触摸键控电路，可以看到，该电路主要是由触摸键金属板 M、与非门电路（1~4），继电器 K、电池等部分构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

在该触摸开关电路中，当用手触摸金属板 M 时，C1 上的充电电荷将通过人体电阻加到与非门 2 的输入端，使其成为高电平，最终导致与非门 3、4 输出高电平，使 VT1、VT2 导通，继电器 K1 吸合，及触点 K1 - 1 闭合，可控制负载工作。由于与非门 1 和与非门 2 之间通过电阻 R2

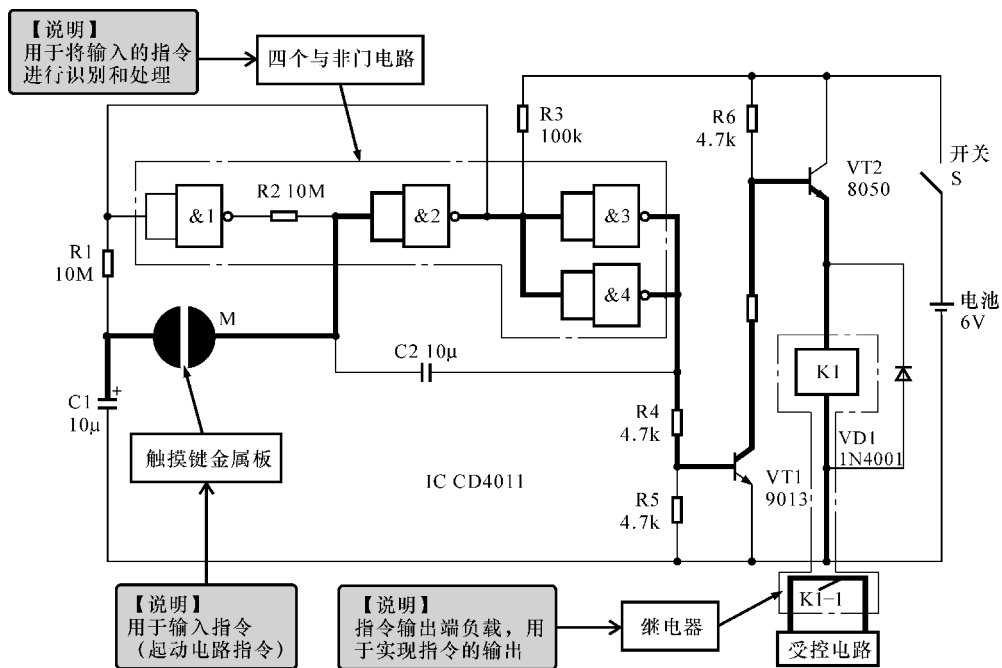


图 9-24 一种典型的触摸键控电路

相连, 所以由 C1 提供给与非门 2 输入端的高电平将保持下去, 即使手离开了 M, 电路仍会保持这一状态, 直到 M 受到再次触摸为止。

当继电器维持吸合状态时, 与非门 1 的输入端为低电平, C1 将通过 R1 及与非门 1 放电到 0V 左右。

当 M 再次受到触摸时, C1 上的 0V 电压经人体电阻加到与非门 2 的输入端, 使电路又恢复到原先的状态, 即 VT1、VT2 截止, 继电器 K1 释放, K1-1 触点断开。

9.2.3 搞定对“闪烁壁灯控制电路”的识图分析



对于闪烁壁灯控制电路的识读, 一般需要先熟悉实际电路结构组成, 然后找到电路中的核心元器件, 查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图, 最后, 依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-25 所示为一种简单的闪烁壁灯控制电路, 该电路主要是由整流二极管 VD1、稳压二极管 VD2、与非门电路 IC (CD4011)、晶闸管 VS1、VS2 和两只小灯泡 H1、H2 等构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

当将电路的 220V 交流输入端接入市电后, 半波整流稳压电路 VD1、VD2、R3 及 C2 整流输出 12V 直流电压, 为电路中其他元器件提供工作电压。

当与非门获得基本工作条件后, 电路起振, 与非门 1、2 的输出端便会交替出现高电平与低电平。当与非门 1 输出高电平时, 触发器晶闸管 VS2 导通, 灯 H2 被点亮, 此时与非门 2 输出低电平, 晶闸管 VS1 被关断, 灯 H1 熄灭。

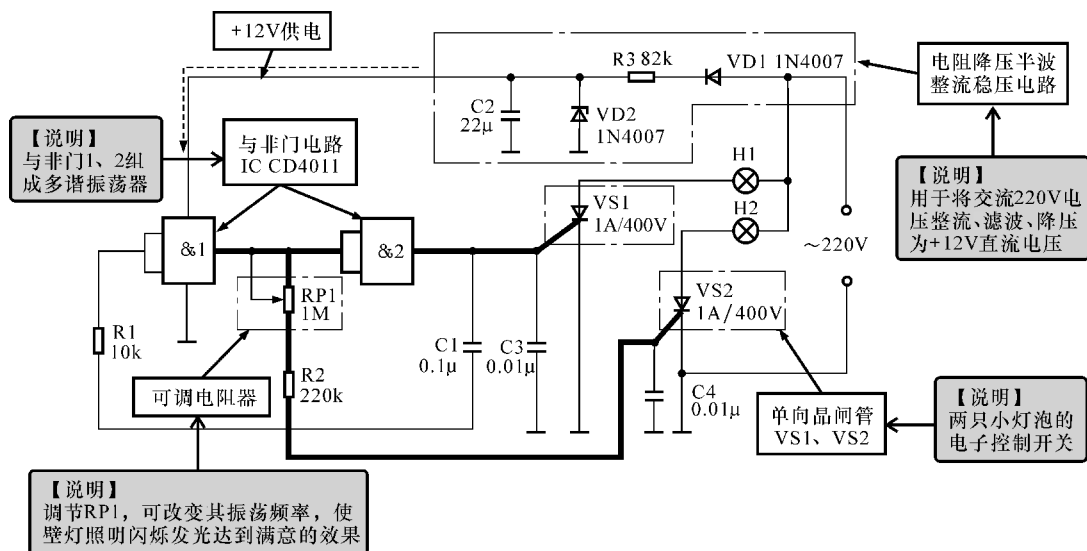


图 9-25 一种简单的闪烁壁灯控制电路

9.3 轻松搞定对“反相器电路”的识图训练



反相器是电子产品中常用的一种逻辑电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的反相器电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。

9.3.1 搞定对“空调器轴流风扇电动机驱动电路”的识图分析



对于空调器轴流风扇电动机驱动电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-26 所示为典型变频空调器室外风扇（轴流风扇）电动机驱动电路，可以看到，该电路主要是由反相器 U01（ULN2003A）、继电器 RY04 和 RY02 等部分构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当变频空调器通电，并启动运行后，由其室外机的微处理器 U02 向反相器 U01（ULN2003A）输送驱动信号，该信号从①、⑥脚送入反相器中。

反相器接收驱动信号后，将驱动信号进行识别、反相处理，输出相应的控制信号来控制继电器 RY02 和 RY04 导通或截止。

继电器 RY02 和 RY04 的导通/截止，控制室外风扇电动机的转动速度，使风扇实现低速、中速和高速的转换。电动机的启动绕组接有启动电容。

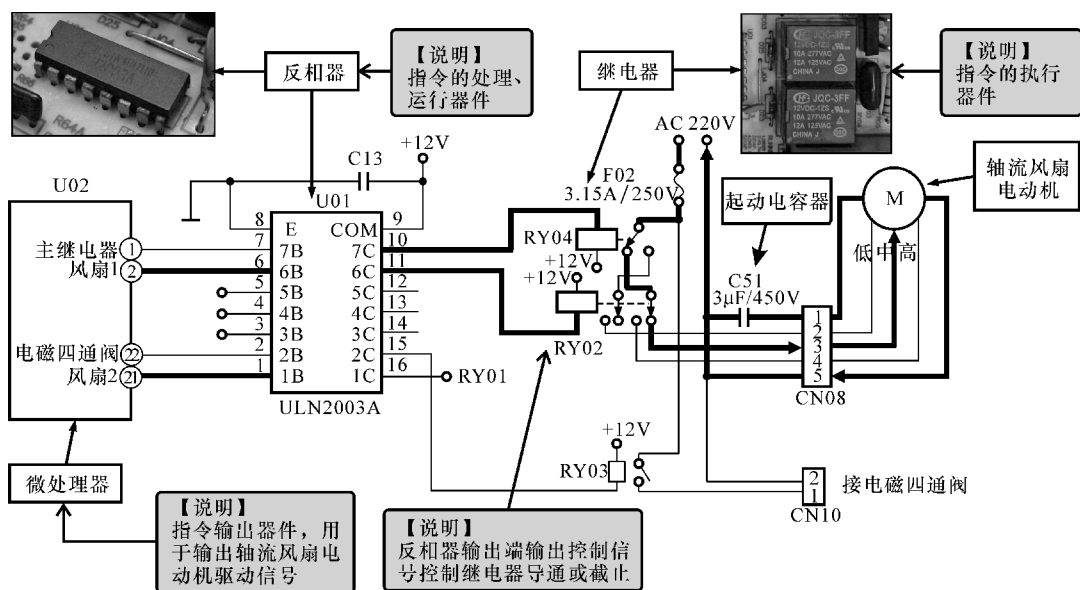


图 9-26 典型变频空调器室外风扇（轴流风扇）电动机驱动电路

9.3.2 搞定对“空调器导风板电动机驱动电路”的识图分析



对于空调器导风板电动机驱动电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-27 所示为典型变频空调器导风板电动机驱动电路，可以看到，该电路主要是由微处理器（CPU）、反相器 IC09、导风板电动机等部分构成的。

169

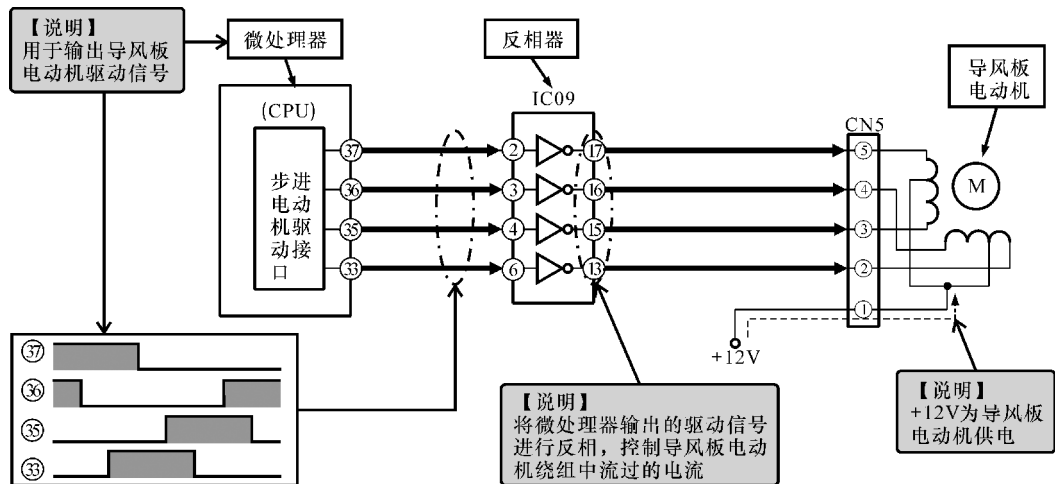


图 9-27 典型变频空调器导风板电动机驱动电路



结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

直流 +12V 接到导风板电动机两组线圈的中心抽头上。

微处理器经反相放大器控制线圈的四个引脚，当某一引脚为低电平时，该脚所接的绕组中便会有电流流过。如果按一定的规律控制绕组的电流，就可以实现所希望的旋转角度和旋转方向。

当用遥控器设定导风板处于摇摆状态时，微处理器的③、⑤~⑦脚依次输出高电平，经 IC09 反相后依次输出低电平，从而使导风板电动机的四个线圈依次得电工作，反之则不工作。

9.3.3 搞定对“空调器电磁四通阀控制电路”的识图分析



对于空调器电磁四通阀控制电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-28 所示为典型空调器中电磁四通阀的控制电路，可以看到，该电路主要是由微处理器 U02、反相器 U01、继电器 RY03 和电磁四通阀等部分构成的。

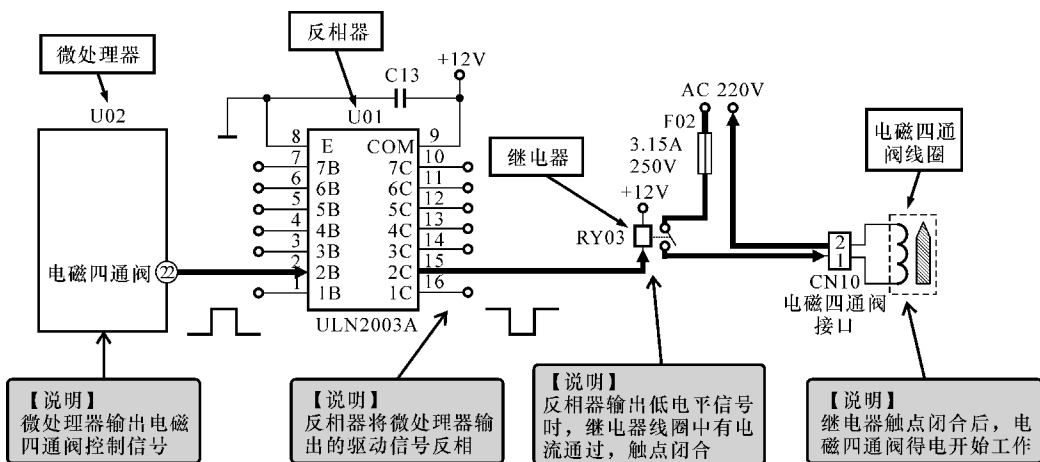


图 9-28 典型空调器中电磁四通阀的控制电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

在空调器处于制热状态时，室外机微处理器 U02 输出控制信号，送入反相器 U01 (ULN2003A) 的②脚，经反相器放大的控制信号由其⑮脚输出，使继电器 RY03 工作，继电器的触点闭合，交流 220V 电压经该触点为电磁四通阀供电，通过对内部电磁导向阀阀心的位置进行控制，进而改变制冷剂的流向。

提
问

我想知道，在上述电磁四通阀控制电路中，反相器是如何控制继电器 RY03 的线圈得电工作的？





当微处理器输出高电平时，反相器将该信号反相后输出低电平，此时继电器线圈上端为+12V 高电平，下部为低电平，因此有电流流过，即线圈得电，其触点吸合，从而控制相应元件动作（电磁四通阀得电）；当微处理器输出低电平时，与上述过程正好相反。反相器控制继电器线圈得电的过程如图 9-29 所示。

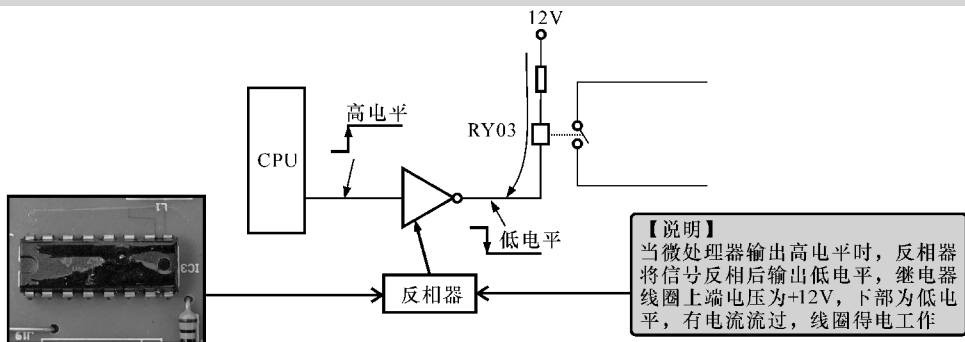


图 9-29 反相器控制继电器线圈得电的过程

回
答

9.4 轻松搞定对“触发器电路”的识图训练



触发器电路是各种数码产品中常用的一种功能电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的触发器电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项技能。

9.4.1 搞定对“八路轻触式电子互锁开关电路”的识图分析



对于八路轻触式电子互锁开关电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-30 所示为一种简单的八路轻触式电子互锁开关电路。可以看到，该逻辑电路是由指令输入端的操作按键（S1 ~ S8）、8D 触发器、开关状态 LED 指示灯（LED1 ~ LED8）等部件组成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当按动 S1 ~ S8 之中某一按键时，VT1 的基极将通过 R3 ~ R10 中的某个电阻及所按开关连接到地，使 C1 放电，VT1 导通，+5V 电源经 VT1 和 R11 向 C2 充电，在 IC⑩脚形成一个正脉冲，经整形后送往 D 触发器，由于所按下的按钮对应的 D 端接地，且①脚接地为低电平，其对应的 Q 端也跳变为低电平并锁存，此时相应的 LED 指示灯被点亮，并输出信号至功能选择电路。若下次再按动其他按钮开关，电路将重复上述过程。

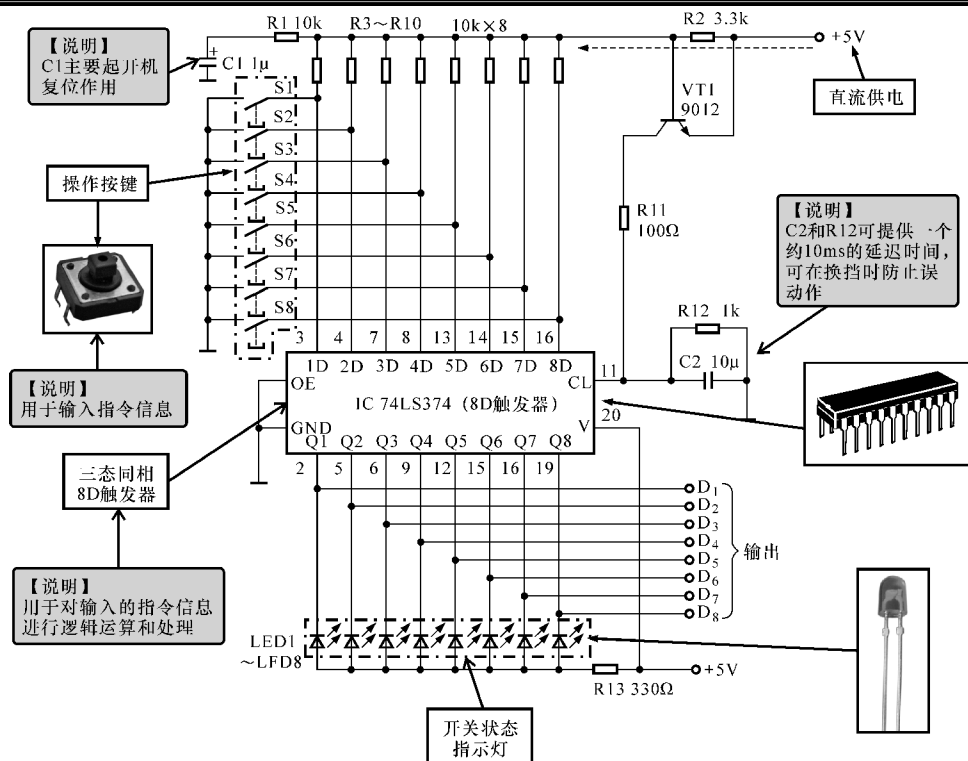


图 9-30 一种简单的八路轻触式电子互锁开关电路

【注意】

逻辑电路的内部结构框图是识图中的重要参考依据,通常在了解了其内部结构组成后再对其信号进行分析就容易多了。通常,我们可以通过集成电路手册或集成电路查询网络查找相关集成电路的内部结构。

在图 9-30 电路中,执行指令的核心元器件为一个 8D 触发器,想要了解电路对输入的键控指令如何处理,首先要了解这个 8D 触发器能够实现什么样的功能,一般需要先弄清楚这个集成电路的内部结构是怎样的,然后根据内部结构框图再分析其执行或处理指令的过程。图 9-31 所示为 8D 触发器 74LS374 的内部结构框图。

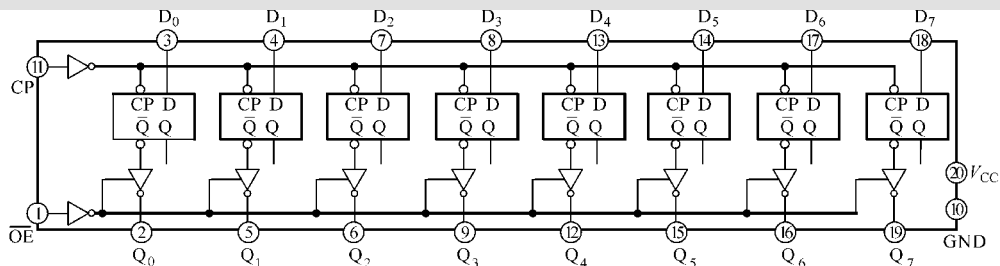


图 9-31 8D 触发器 74LS374 的内部结构框图

由图 9-31 可知,8D 触发器 74LS374 是一种具有八个输入端和八个输出端的集成电路,其内部由八只 8D 触发器和八只非门构成,当输入端 D 为低电平时,对应的输出端 Q 也为低电平,例如,当③脚输入指令信号为低电平时,其②脚相应输出低电平。



9.4.2 搞定对“键控脉冲编码器电路”的识图分析



对于键控脉冲编码器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-32 所示为一种键控脉冲编码器，可以看到，该逻辑电路主要是由 10 线-4 线优先编码器 CD40147、4 位数值比较器 CD4585、二进制计数器 CD4518 以及用于输入指令的操作按键 S1 ~ S9 等部分构成的。

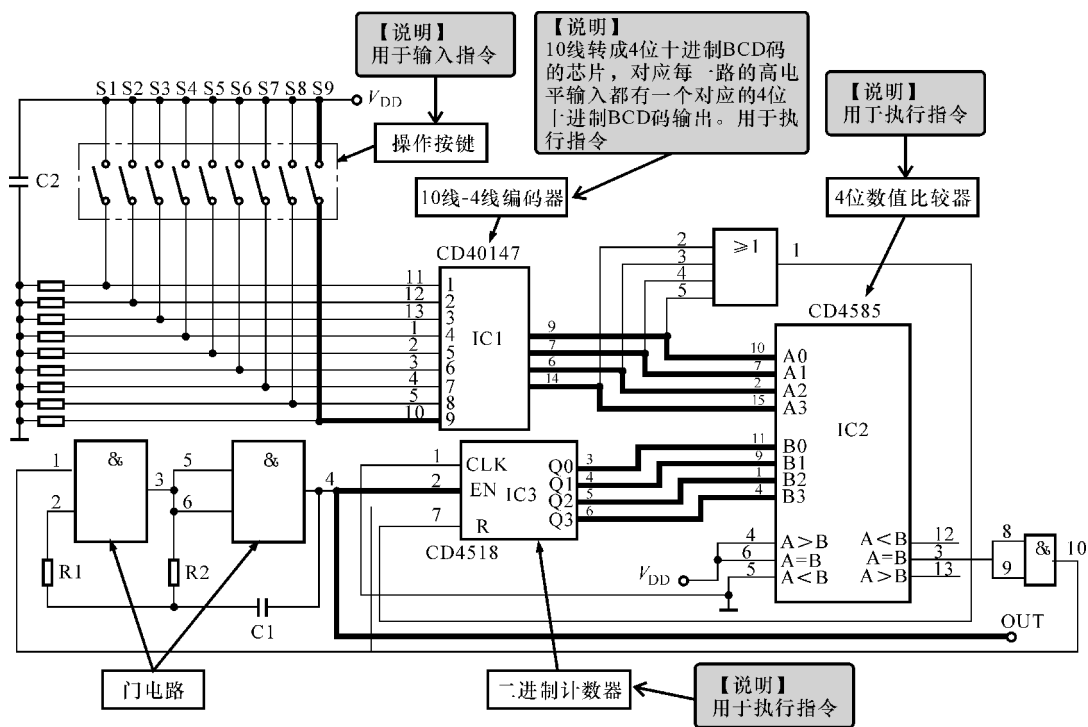
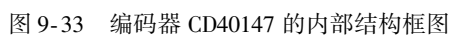
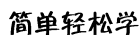


图 9-32 一种键控脉冲编码器

在图 9-32 电路中，执行指令的主要器件为编码器 CD40147、比较器 CD4585 和计数器 CD4518，想要了解电路对输入的键控指令如何处理，首先要了解这三个逻辑电路内部结构是怎样的，然后根据内部结构框图再分析其执行或处理指令的过程。图 9-33 ~ 图 9-35 分别为编码器 CD40147、比较器 CD4585 和计数器 CD4518 的内部结构框图。

找到了该编码器的电路的核心元器件及其内部结构后，结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：



该键控脉冲编码器电路中,指令信号输入由 S1 ~ S9 按键构成。当按下某键时, CD40147 对其编码,并将该编码送至 CD4585 数据端 A,同时使 CD4518 开始计数。当计数输出等于编码输入时,比较器输出高电平,该信号使脉冲振荡器停振,由此构成九通道脉冲编码器。

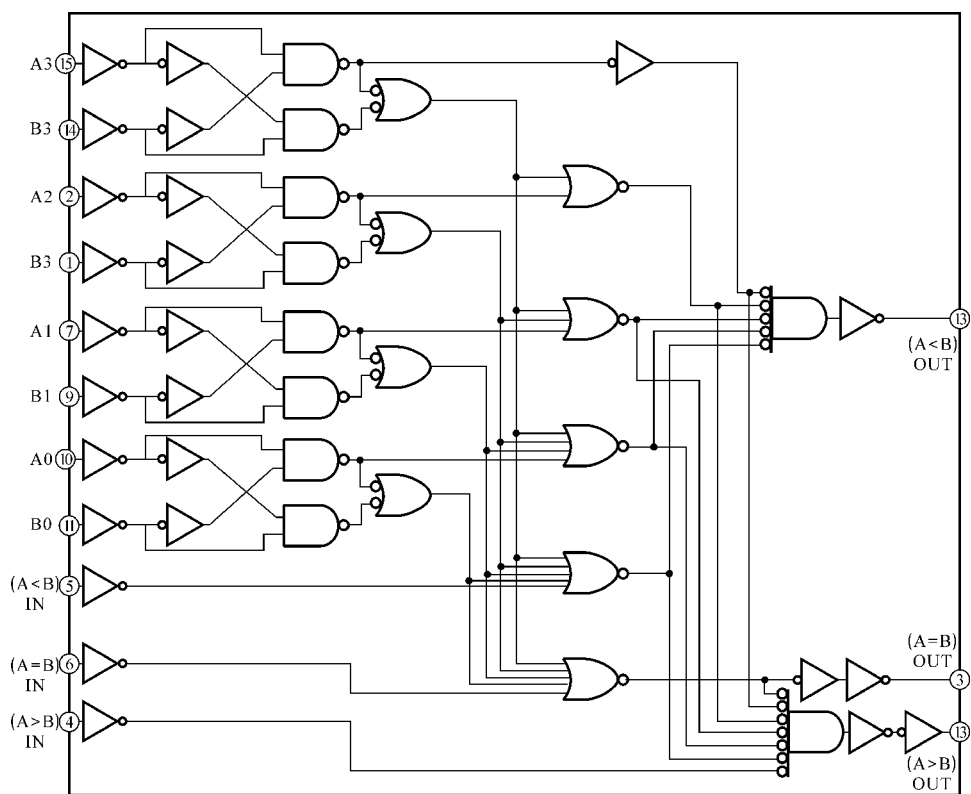


图 9-34 比较器 CD4585 的内部结构框图

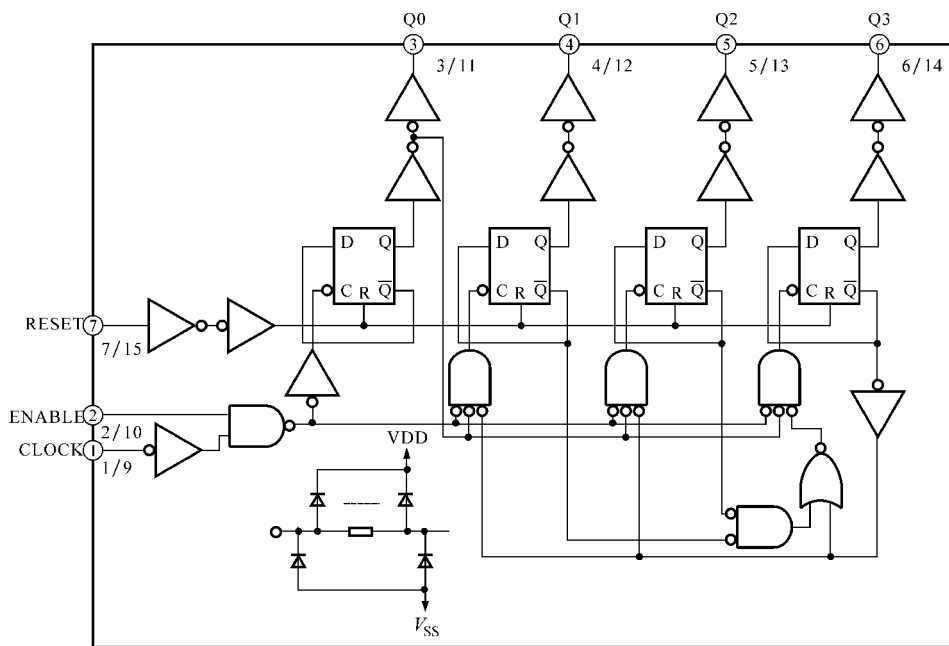


图 9-35 计数器 CD4518 的内部结构框图



9.4.3 搞定对“触摸式开关电路”的识图分析



对于触摸式开关电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 9-36 所示为一种触摸式双稳态开关电路，可以看到，该电路主要是由触摸键 S、触摸信号放大器 VT1、双 JK 触发器 IC1（CD4027）、继电器 K1 及负载等部分构成的。

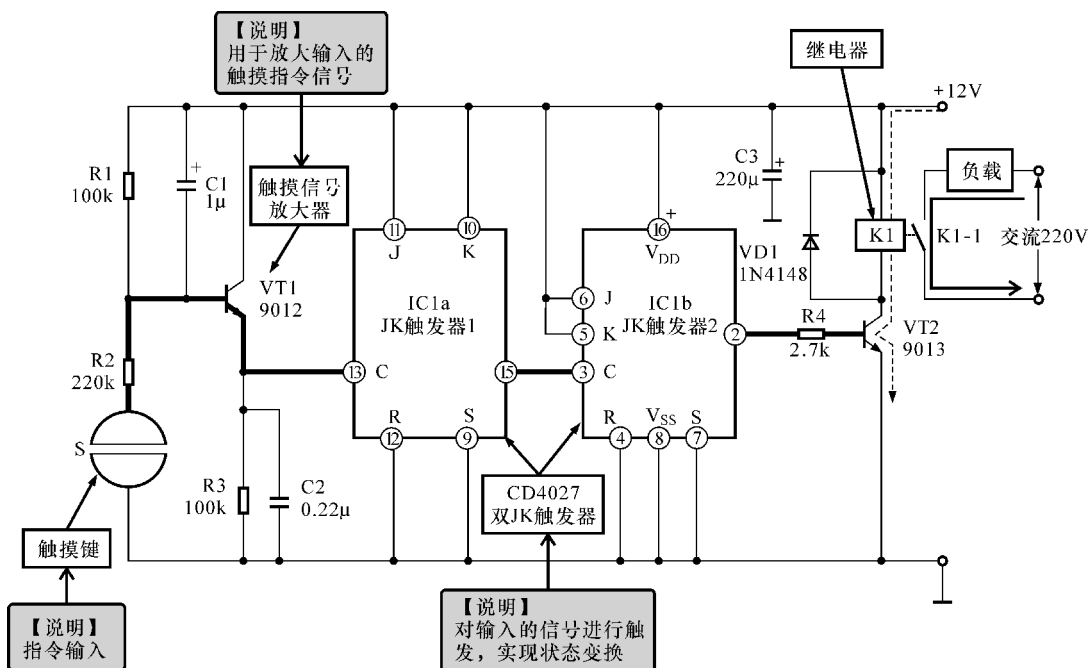


图 9-36 一种触摸式双稳态开关电路

在图 9-36 电路中，核心器件为双 JK 触发器 CD4027，想要了解电路对输入的触摸键控指令如何处理，首先要了解这个逻辑电路内部结构，然后根据内部结构框图再分析其执行或处理指令的过程。图 9-37 为双 JK 触发器 CD4027 的内部结构框图。

找到了该触发器的内部结构后，结合其功能特点，对该电路的识图过程如下：

当用手接触触摸键 S 时，触摸信号送入电路中，首先经触摸信号放大器 VT1 进行放大后，由其发射极输出，送入双 JK 触发器的触发端，经两级 JK 触发器后去驱动三极管 VT2。

三极管 VT2 触发导通，+12V 经继电器 K1 线圈、VT2 后到地，即继电器 K1 线圈中有电流流过，线圈得电，带动触点闭合，为负载接通交流 220V 电源，负载开始工作。

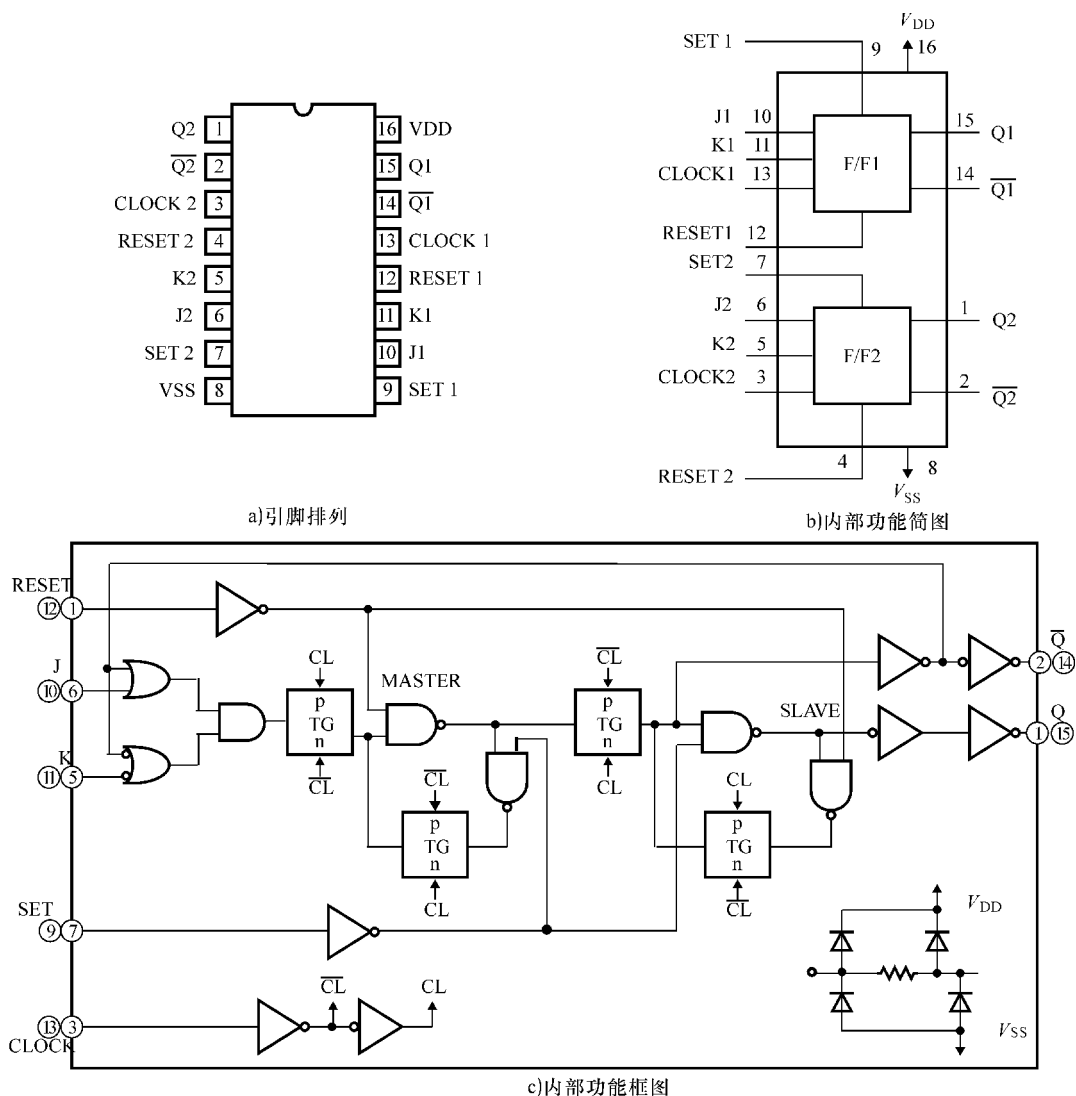


图 9-37 双 JK 触发器 CD4027 的内部结构框图

通过案例搞定“低频电路”的识读



现在,开始第10章的学习。本章我们要掌握低频电路的识图技能。学习低频电路的识读,首先要对低频电路的特征有所了解,为此我们特别选取几种常见的低频电路,从这些电路的特征入手开始了解,然后,在此基础上挑选了数十种典型的低频电路,逐一进行识图训练,以案例演示的方式引导大家完成对低频电路的识图练习。相信经过大量实用低频电路的识图实训案例,大家一定能掌握过硬的低频电路识图本领。

10.1 看一看,低频电路有什么特征



对低频电路的识读,我们首先要了解低频电路的特征。接下来,我们将逐一了解几种常见低频电路(低频放大电路、低频信号处理电路)的特点,搞清低频电路的基本形式和概念,为进行低频电路的完整识图打好基础。

10.1.1 别急!先搞清低频电路的功效是什么



低频电路是指处理低频信号的电路,而低频信号通常没有十分严格的界限,一般来说低于1MHz的交流信号就称为低频信号,这里所说的交流信号是以正弦信号为参照信号。

基本低频电路包括低频放大电路和低频信号处理电路等,根据功能,电路结构也可以分为很多种,其中,在电子电路中以音频信号放大电路和音频信号处理电路最为常见(音频信号频率范围为20Hz~20kHz)。

图10-1为低频电路的基本功能示意图。可以看到,低频电路是将输入到电路中的低频信号进行放大或各种功能处理后再输出的一种功能电路,低频信号的放大、处理都由低频电路的核心部件实现。

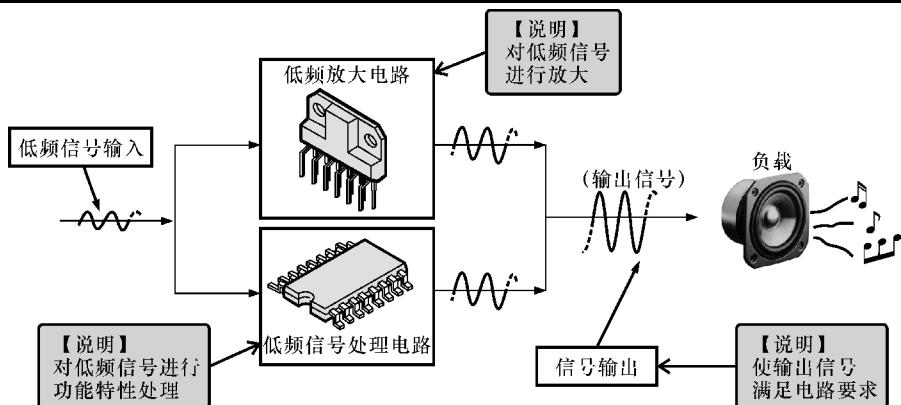


图 10-1 低频电路的基本功能示意图

例如，在影碟机中，它作为一种典型的影音产品，具有卡拉 OK 功能，可以直接输入声音信号，声音信号是一种低频信号，该信号并不能直接去驱动扬声器发声，因此，在影碟机中通常都设有该声音信号的处理、放大电路。低频信号电路在影碟机中的应用如图 10-2 所示。

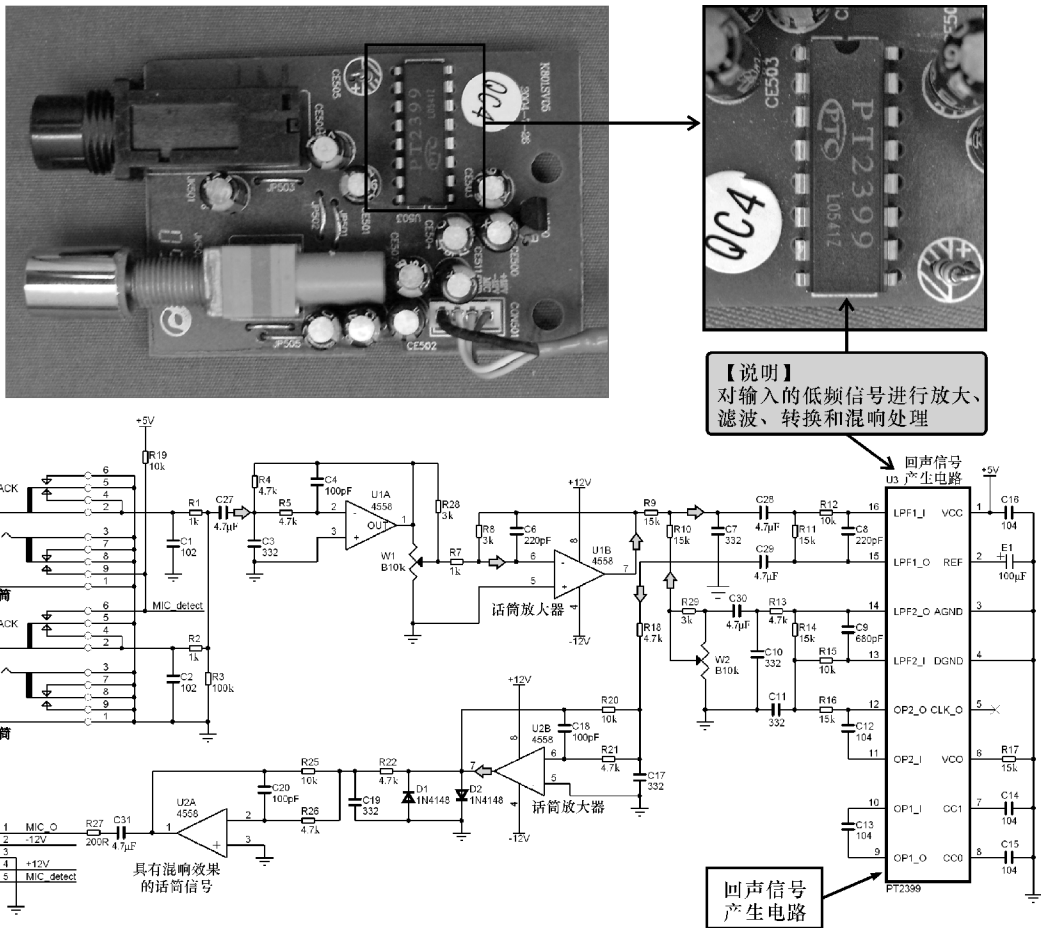


图 10-2 低频信号电路在影碟机中的应用

10.1.2 开始！了解低频放大电路的特征



低频放大电路是放大低频信号的电路，根据功能它可以分为很多种，例如小信号放大电路、大信号（功率）放大电路等。其中，以音频放大电路最为常见。

低频放大电路最基本的特点如图 10-3 所示, 它是通过电路中的放大器件, 对输入的低频信号进行放大, 使其满足电路的需求。

图 10-4 所示为一种简单的话筒（又称麦克风，标准术语为“传声器”）信号放大电路，实际上它是一个共发射极放大器，话筒输出的微弱信号经电容耦合送到三极管的基极，经三极管 VT 放大后，由集电极输出，再经电容器耦合到下一级。RB1 和 RB2 组成分压电路，为三极管基极提供偏压，使三极管工作在线性放大状态；RC 作为集电极负载电阻；RE 接在发射极电路中起负反馈的作用，用以稳定三极管的直流工作点；电容 CE 与电阻 RE 并联起去耦的作用，用以



提高交流信号的增益；耦合电容 C_1 、 C_2 用以耦合传输交流信号及起隔离直流的作用。

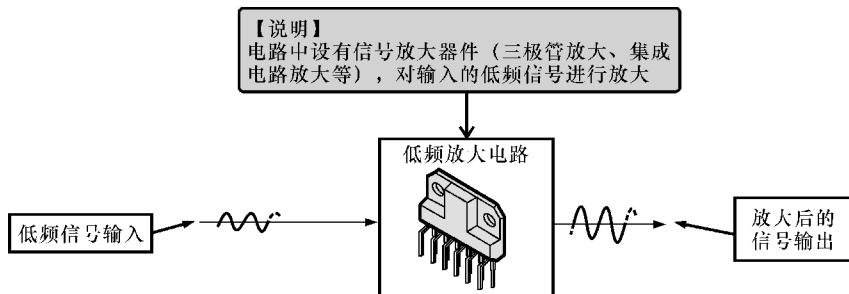


图 10-3 低频放大电路最基本的特点

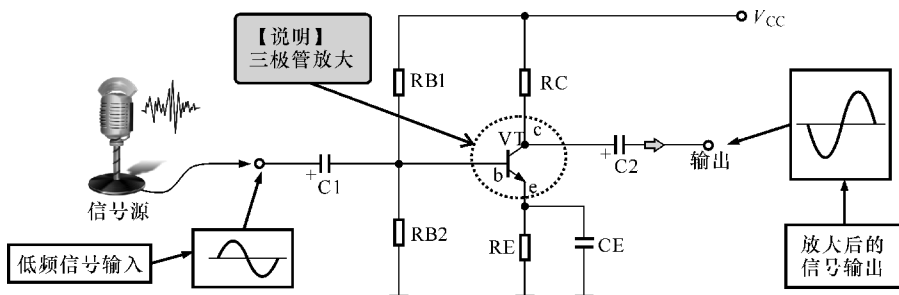


图 10-4 一种简单的话筒信号放大电路

10.1.3 继续！了解低频信号处理电路的特征



低频信号处理电路主要是对音频信号、传感信号、控制信号等低频信号进行转换、处理，其中，以音频信号的处理最为普遍。音频信号处理电路是非常典型且重要的低频信号处理电路，如音量控制电路、音调控制电路、立体声控制电路等都属于低频信号处理电路。

低频信号处理电路最基本的特点是通过电路中的信号处理器件，对输入的低频信号进行控制、调整、补偿、增益等处理，最终使输出信号满足电路的需求。低频信号处理电路的特征如图 10-5 所示。

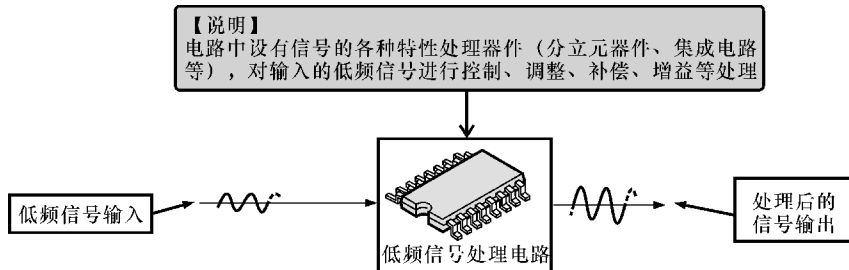


图 10-5 低频信号处理电路的特征



图 10-6 所示为一种录放音信号处理电路，该电路的放大器主体被集成在芯片 TA8142AP 中，通过改变芯片外接的元器件改变电路的性能。

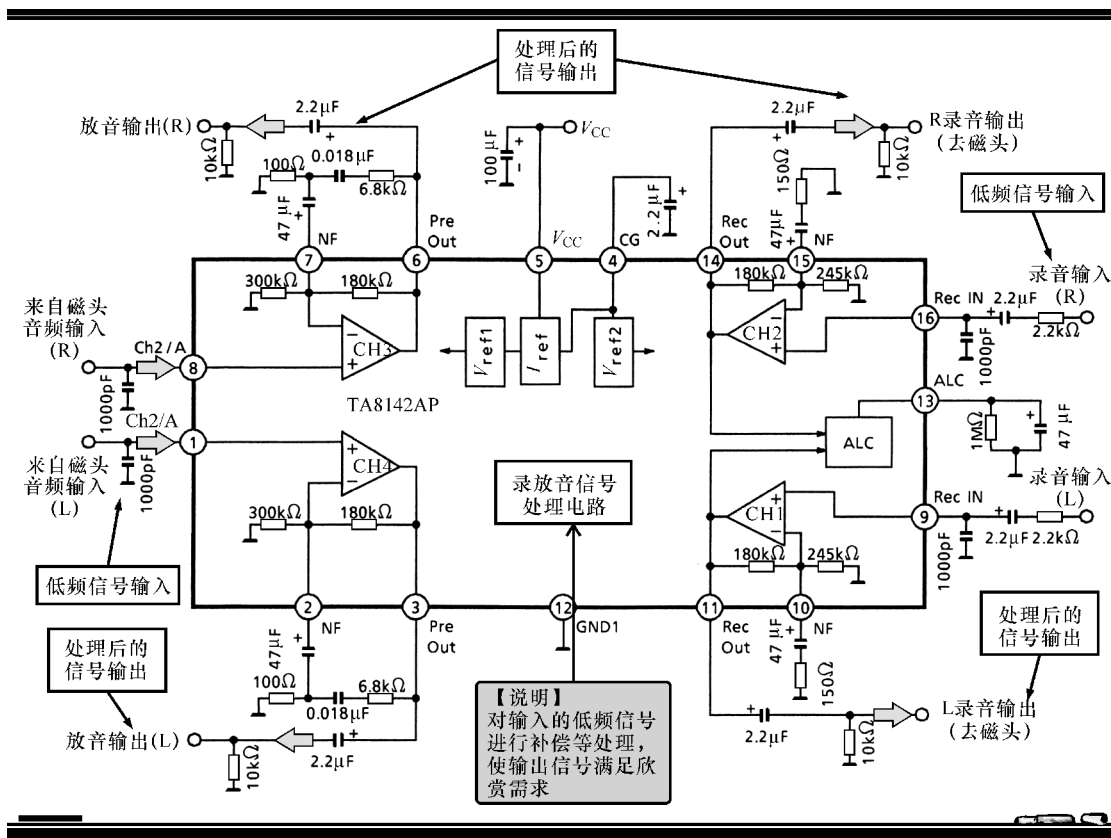


图 10-6 一种录放音信号处理电路

从图 10-6 可见，集成电路 TA8142AP 中有四个运算放大器，CH1 和 CH2 为双声道录音放大器，CH3 和 CH4 为双声道放音放大器。

录音时，音频信号分别从集成电路的⑨脚和⑯脚输入，经放大后分别从⑪脚和⑭脚输出送往录音磁头。由于在录音过程中，存在很严重的高频损坏，因而录音放大器需要大幅度的补偿高频，因而，⑪脚和⑩脚之间的负反馈电路属于高频补偿元件，它同⑭脚与⑮脚之间的反馈元件功能相同。

放音时，双声道磁头输出的信号分别加到集成电路的⑧脚和①脚，经内部的 CH3 和 CH4 运算放大器放大后，分别由⑥脚和③脚输出，由于放音时，磁头输出的信号与磁通的变化率成正比，即与放音信号的频率成正比，高频信号会比较强，因而放音放大器需要大幅度的补偿低频，为此在③脚和②脚之间，以及⑥脚和⑦脚之间设置低频补偿电路，即 RC 负反馈电路，用以补偿低频，使输出的信号符号人们的欣赏效果。

10.2 轻松搞定对“低频放大电路”的识图训练



低频放大电路是电子产品中常用的一种功能电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的低频放大电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。



10.2.1 搞定对“话筒信号放大器电路”的识图分析



对于话筒信号放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-7 所示为一种采用 1.5V 供电的话筒信号放大器，可以看到，该电路主要是由 VT2、VT3 构成的差动放大器，共发射极电压放大器（VT6）等构成的。

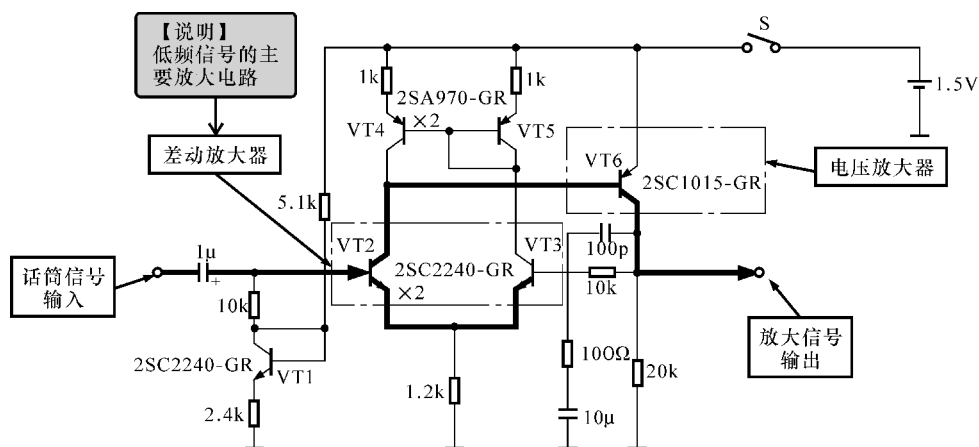


图 10-7 一种采用 1.5V 供电的话筒信号放大器

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

话筒信号由 VT2 的基极输入，VT1 的集电极和基极短路为 VT2 的基极提供直流偏压，VT4、VT5 与发射极电阻构成的电路为 VT2、VT3 提供集电极偏压。使用三极管可以降低电阻的功耗，能得到理想的放大效果。

输入的话筒信号首先由差动放大器进行放大后，再经 VT6 进行电压放大，最终由 VT6 的集电极输出放大后的信号。

10.2.2 搞定对“低噪声前置放大器电路”的识图分析



对于低噪声前置放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-8 所示为典型低噪声前置放大器电路，可以看到，该电路主要是由低噪声前置放大器 HA12017 及外围元器件构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

该电路主要用于音响电路中，作为话筒信号与磁头信号的放大器。

当其输入端输入低频信号时，该信号首先经电容器 C1 耦合和滤波电路滤波后，送入低噪声前置放大器 HA12017 的⑥脚和⑦脚，经输入放大、电压放大和输出放大等三级放大处理后，由其①脚输出放大后的信号，并送往后级电路中。

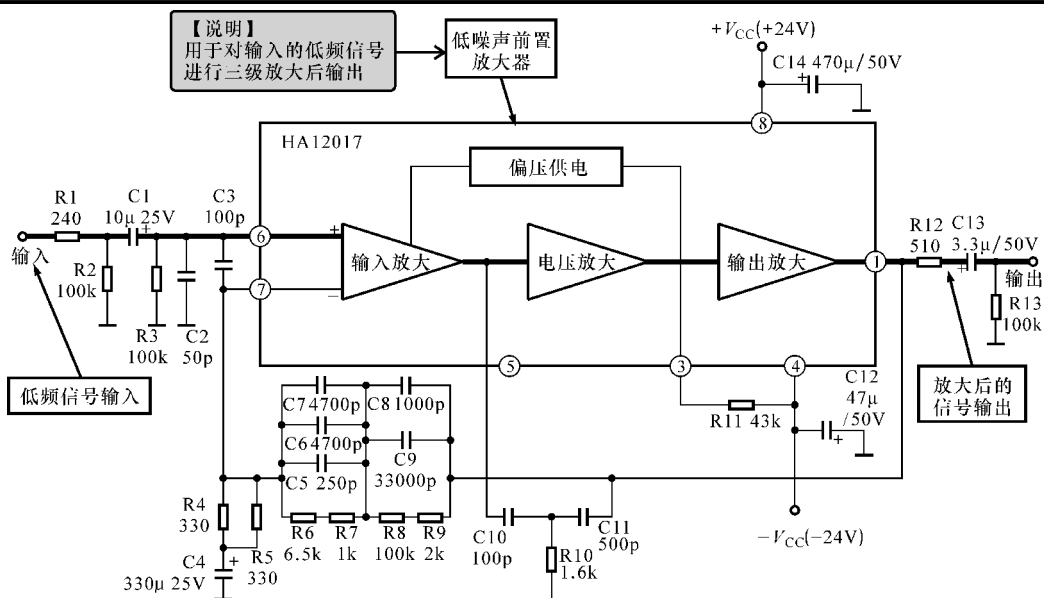


图 10-8 典型低噪声前置放大器电路

10.2.3 搞定对“车载立体声功率放大器电路”的识图分析



对于车载立体声功率放大器电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-9 所示为车载立体声功率放大电路。可以看到，该电路主要是由耦合电容器 C1、输入

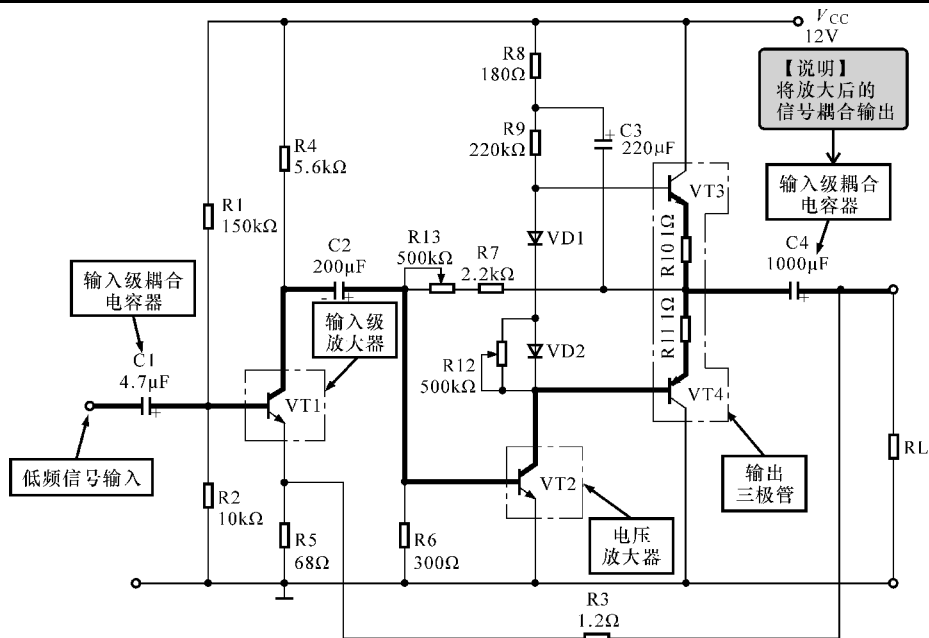


图 10-9 车载立体声功率放大电路



级放大器 VT1、电压放大器 VT2、输出三极管 VT3、VT4 和输出级耦合电容器 C4 等部分构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

输出三极管 VT3、VT4 采用相互对称的连接方法，集电极电流为 100mA 以上，基极电流为 10mA 以上。输出信号通过大容量耦合电容器 C4 供给 RL。

VT2 按照甲类功率放大器的作用设计，在此级进行电压放大。VT2 的集电极电路又是 VT3、VT4 的基极偏置电路，它为 VT3、VT4 提供静态基极电流，因此 VT2 的负载电阻因受电源电压的限制而电阻值较低，不能得到足够的电压增益。电容 C3 是自举电容器，VT3、VT4 输出电压 C3 对 VT2 偏置电阻 R9 充电，使 VT2 的偏置电压上升，信号越强，升压幅度越高，从而在不增加电源电压的情况下提高输出信号的幅度。

10.2.4 搞定对“双声道低频功率放大器电路”的识图分析



对于双声道低频功率放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-10 所示是一种典型多声道音频功率放大电路。可以看到，该音频功率放大电路主要采用的音频功率放大器型号为 AN7135，所有的功率放大元器件都集成在了 AN7135 中，由于其具有两个输入、输出端，因此又称双声道音频功率放大器。该放大器特别适用于大中型音响产品之中。

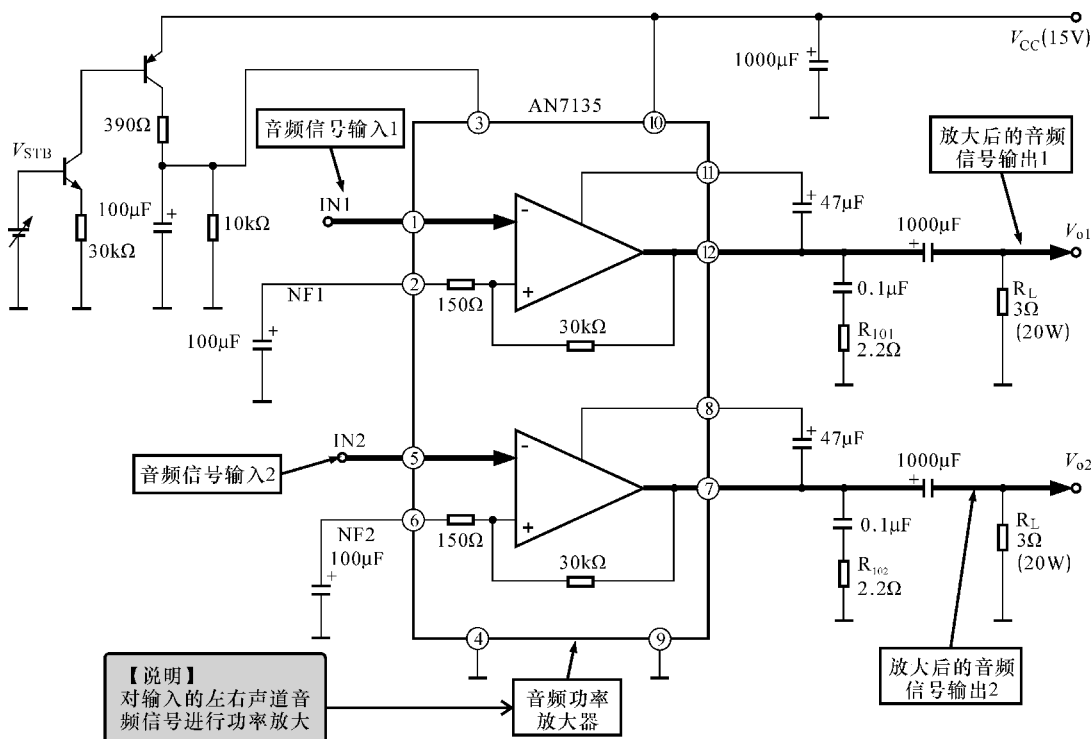


图 10-10 一种典型多声道音频功率放大电路



结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当电路满足基本供电条件后，双声道低频功率放大器 AN7135 进入准备工作状态。

当向其输入端（①脚和⑤脚）送入左右声音频信号后，两路信号分别经其内部放大电路进行功率放大，由 AN7135 的⑦脚和⑫脚输出，最后经 1000 μ F 的电容耦合后输出。

10.2.5 搞定对“放音信号放大器电路”的识图分析



对于放音信号放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-11 所示为常用于立体声录音机中的放音信号放大器电路，可以看到，该电路主要是由双声道磁头放大器（TA8125S）及外围元件构成的。

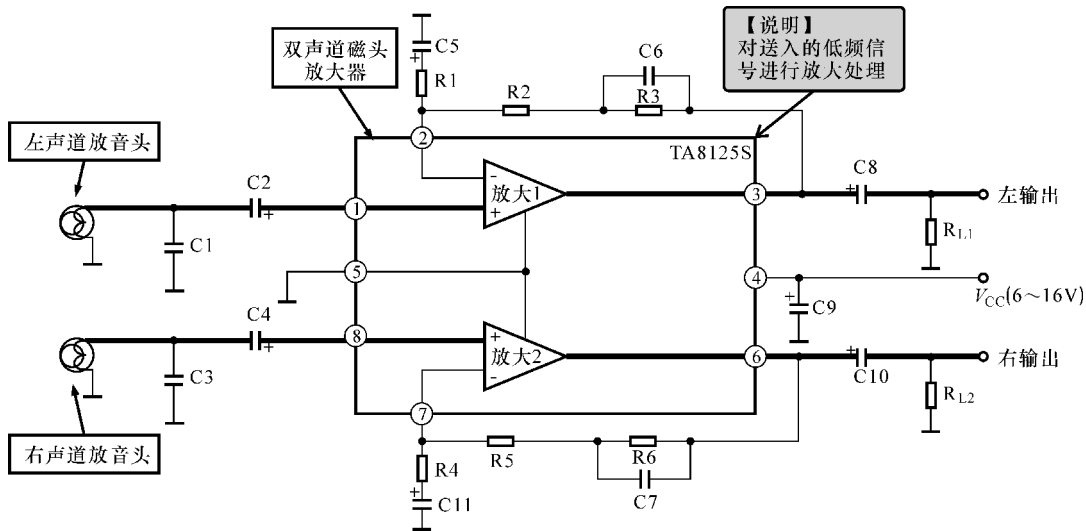


图 10-11 常用于立体声录音机中的放音信号放大器电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

双声道磁头的输出信号分别送到集成电路 TA8125S 的①脚和⑧脚，在集成电路中进行放大，放大后的信号分别由③脚和⑥脚输出。放音的均衡补偿是由③脚和⑥脚外的 RC 负反馈电路来实现的，通过负反馈电路使放音放大器输出的信号达到人耳的听觉效果。

10.2.6 搞定对“录音信号放大器电路”的识图分析



对于录音信号放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。



图 10-12 所示为典型小型录音机中的录音信号放大器电路, 可以看到, 该电路主要是由话筒信号调整电位器 RP1、三极管放大器 (VT1、VT2、VT3) 等部分构成的。该电路又称三极管放大器电路。

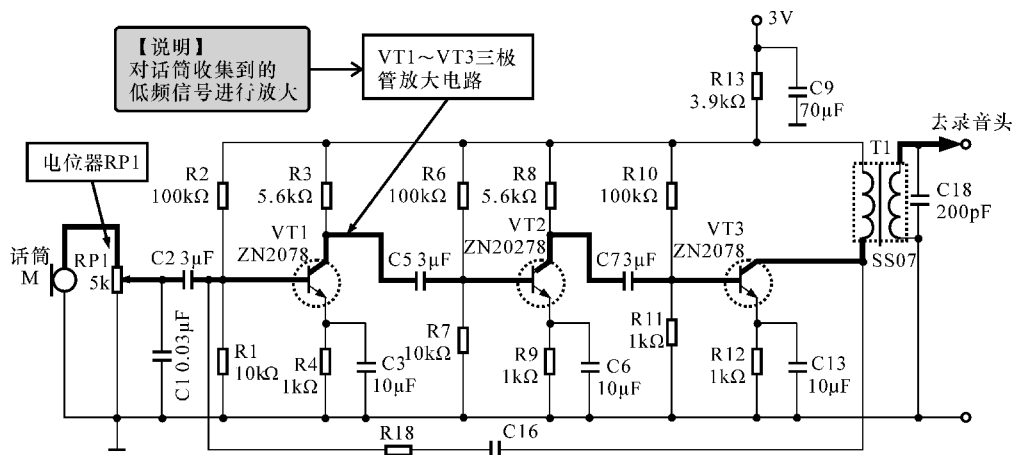


图 10-12 典型小型录音机中的录音信号放大器电路

结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

话筒信号经电位器 RP1 调整后加到三极管 VT1 的基极, VT1 是一个共发射极放大器, R4 接在 VT1 的发射极作为电流负反馈电阻, 稳定直流工作点; C3 为去耦电容, 使 VT1 交流增益提高。音频信号经三级放大后加到变压器 T1 的初级线圈上, 经变压器耦合将音频信号送往录音磁头, 实现录音功能。

变压器次级绕组与 200pF 电容并联, 用以提升高频信号, 弥补录音过程中的高频损耗。VT3 的集电极输出经 R18、C16 反馈到 VT1 的基极, 用以改善放大器的频率特性。该放大器的输出采用变压的方式, 可以补偿高频信号。电路由 3V 低压供电, 使用两节电池即可, 具有耗电少的特点。

10.2.7 搞定对“小功率音频放大电路”的识图分析



对于小功率音频放大电路的识读, 一般需要先熟悉实际电路结构组成, 然后找到电路中的核心元器件, 查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图, 最后, 依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-13 所示为典型的小功率音频放大电路, 该电路主要是由三极管构成的放大电路实现对输入低频信号的放大作用。

结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

电路中, 音频信号首先经 VT1 进行缓冲放大, 然后由 VT2 进行驱动放大, VT2 由发射极和集电极输出相位相反的两个信号, 分别驱动由 VT3 和 VT4 组成的功率放大器。



电源变压器 T01 将 220V 交流电压降压后由 D01 整流, 再经 VT5、VT6 调整滤波后为放大器提供直流稳压电源。

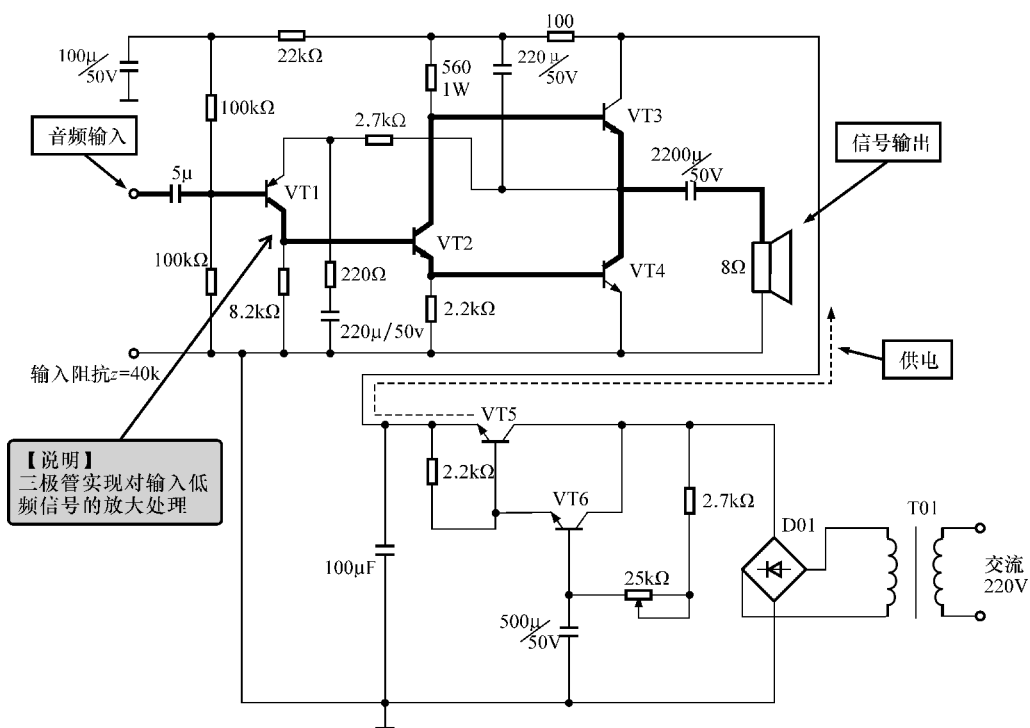


图 10-13 典型的小功率音频放大电路



【资料】

按三极管的工作状态, 功率放大器可分为甲类功率放大器、乙类功率放大器、甲乙类功率放大器。图 10-14 所示为三种功率放大器工作时的曲线。

在电压放大电路中, 输入信号在整个周期内都有电流流过三极管, 我们把这种工作状态称为“甲类”或 A 类放大, 如图 10-14a 所示; 在图 10-14c 中, 一周内只有半个周期 $i_c > 0$, 我们把相应工作状态称为“乙类”或 B 类放大; 此外工作点在甲、乙类之间的放大器称为“甲乙类”或 AB 类放大器, 如图 10-14b 所示。可以看到, 从图 a 到图 c, Q 点相应下移。

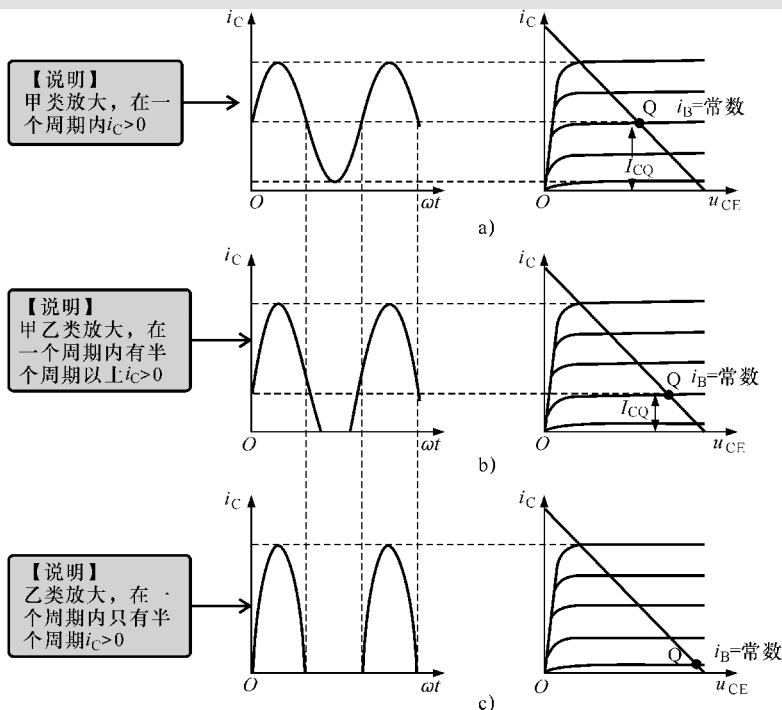


图 10-14 三种功率放大器工作时的曲线

10.2.8 搞定对“OTL 低频功率放大器电路”的识图分析



对于 OTL 低频功率放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-15 所示为一种典型的 OTL 音频功率放大电路，该电路是一个扬声器驱动放大电路。可以看到，电路中，VT1、VT2 构成差动输入级电压放大器，VT3 是推动管，VD4 和 VD5 为功放输出管的静态偏置二极管，VT6 ~ VT9 构成复合互补对称式 OTL 电路，是输出级电路。其中 VT6 和 VT7 为两只 NPN 型同极性复合管，等效成一只 NPN 型三极管；VT8 和 VT9 是 PNP 型和 NPN 型复合管，等效成一只 PNP 型三极管。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

输入信号 U_i 经过耦合电容 C1 加到三极管 VT1 的基极，经放大后从其集电极输出，直接耦合到三极管 VT3 的基极，放大后从其集电极输出。

VT3 集电极输出的正半周信号经三极管 VT6 和三极管 VT7 放大，其输出由 C7 耦合到 SP1 中，三极管 VT3 管集电极输出的负半周信号经三极管 VT8 和三极管 VT9 放大，其输出也由 C7 耦合到扬声器 SP1 中，在 SP1 上获得正、负半周完整的一个信号。

VT1 和三极管 VT2 构成单端输入、单端输出式差动电路，是一级电压放大器。VT1 管的基极偏置由 R1 提供，VT2 的基极偏置由 R7 提供，R7 的右端接输出端，其直流电压为电源电压的 $1/2$ 。

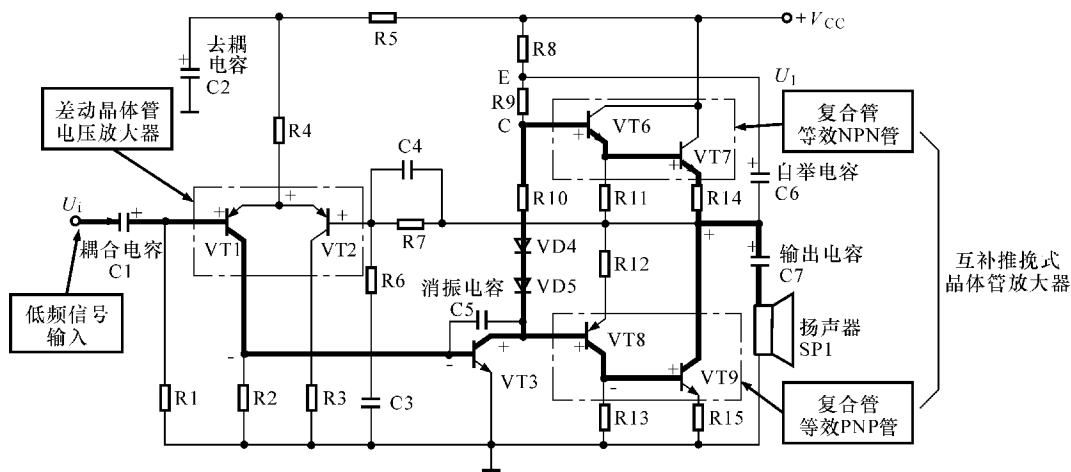


图 10-15 一种典型的 OTL 音频功率放大器电路

推动级 VT3 的基极偏压取自 VT1 的集电极，这两极之间采用直接耦合方式。C5 是 VT3 的反馈式消振电容，它容量较小，对音频信号而言呈开路，对于高频信号容抗很小，而具有较大的负反馈作用，以抑制放大器可能出现的高频自激。



【资料】

OTL 是 Output Transformer Less 缩写，意为无输出变压器，由于电路中取消了输出变压器，因此彻底克服了输出变压器本身存在的体积大、损耗大、频响差等缺点，得到了广泛的应用。

OTL 功率放大器电路是定压式输出电路。功放电路按输出特性不同，有定阻式和定压式两种。前者功放电路的输出阻抗是固定的，要求负载（扬声器）的阻抗与功放电路输出阻抗大小一样，这样负载才能获得最大的功率；当负载阻抗和功放电路输出阻抗不相等时，不仅负载不能获得最大功率，而且放大器不能正常工作，甚至可能烧坏放大器。在组合音响中一般不采用定阻式输出电路。定压式电路的输出特性是，当负载阻抗在一定范围内变化时，放大器都能正常工作，而且放大器输出信号电压是基本不变的，所以称为定压式输出特性。

在组合音响主功率放大器电路中，用得最多的是集成电路 OTL 电路，这一电路的工作原理同分立元器件电路是一样的。图 10-16 为单声道集成电路 OTL 电路原理图。

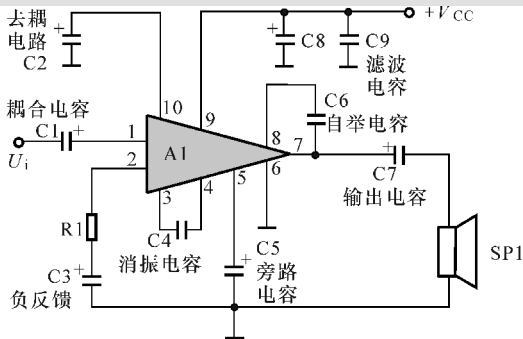


图 10-16 单声道集成电路 OTL 电路原理图



10.2.9 搞定对“OCL 低频功率放大器电路”的识图分析



对于 OCL 低频功率放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-17 所示为由分立元器件构成的一种 OCL 低频功率放大器电路。在电路中，三极管 VT1 和 VT2 构成差分输入级电路，三极管 VT3 构成推动级，三极管 VT5 和 VT6 是互补对称输出级，二极管 VD4 是 VT5 和 VT6 的静态偏置二极管， $+V_{CC}$ 、 $-V_{CC}$ 是正、负对称电源。

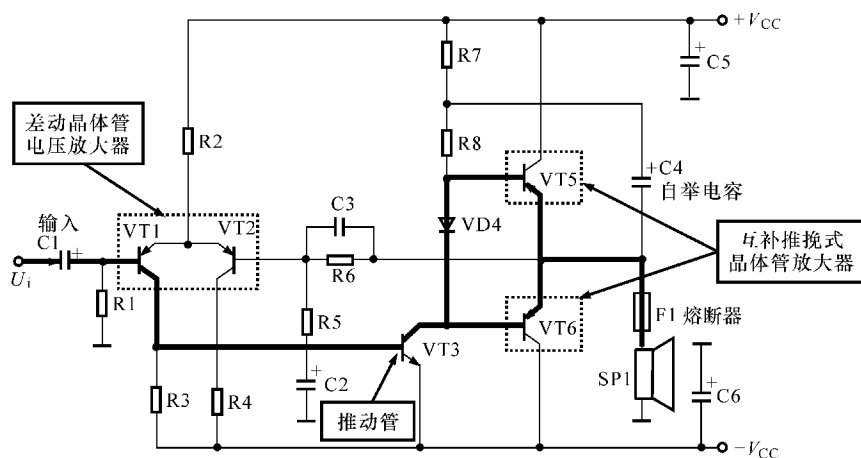


图 10-17 由分立元器件构成的一种 OCL 低频功率放大器电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

电路中，三极管 VT1、VT2 和 VT3 处于 A 类状态，三极管 VT5 和 VT6 处于 AB 类状态。由于 VT5、VT6 的性能一致、静态偏置相同，所以 VT5 和 VT6 的集电极和发射极之间内阻相等，加上 $+U_{CC}$ 、 $-U_{CC}$ 对称，这样输出端在静态时电压为 0V，扬声器 SP1 可直接接在输出端与地之间，并且无直流电流流过 SP1。正半周信号使 VT5 导通、放大，负半周信号使 VT6 导通、放大，在 SP1 上获得一个全波信号。

电路中，R6、R5 和 C2 是负反馈网络，其中由于 C2 的隔直作用，R5 只有交流负反馈作用，R6 具有较强的直流负反馈作用，以使 VT1 ~ VT6 各管工作稳定，使输出端静态电压稳定在 0V。另外，R6、R5 一起还有交流负反馈作用。C3 是高频负反馈电容（组成电容超前补偿电路），以防止电路可能出现的高频自激。R7、R8 和 C4 构成自举电路。

电路中，F1 是熔断器（保险丝），用来保护功放管和 SP1。如电路出现故障，导致输出端静态不为 0V，由于 SP1 的直流电阻很小，这样会有很大的直流电流流过 SP1 和输出管，会使它们烧坏；在加入 F1 后，如果出现这样现象，F1 熔断，保护了 SP1 和输出管。在扬声器回路串有熔断器是 OCL 功放电路中的一种保护措施，在 OTL 功放电路中由于输出端耦合电容器具有隔直作用，所以可以不设这种熔断器。



【资料】

OCL 是英文 Output Capacitor Less 的缩写,意为无输出电容器。OCL 功放电路是在 OTL 功放电路的基础上发展起来的,源于 OTL 功放电路输出端还需要一只容量很大的电容,这一电容也会带来一些问题,如放大器的低频特性受到限制等。

图 10-18 所示为集成电路 OCL 功放电路。电路中的 A1 是集成电路,它的内电路结构基本上与图 10-17 所示电路相同。

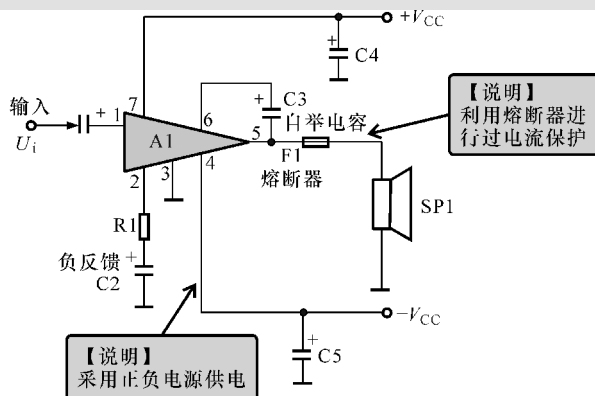


图 10-18 集成电路 OCL 功放电路

10.2.10 搞定对“BTL 低频功率放大器电路”的识图分析



对于 BTL 低频功率放大器电路的识读,一般需要我们先熟悉实际电路结构组成,然后找到电路中的核心元器件,查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图,最后,依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-19 所示为集成 BTL 功率放大器电路,该电路主要器件 A1 是一块具有两组功放电路的集成电路。

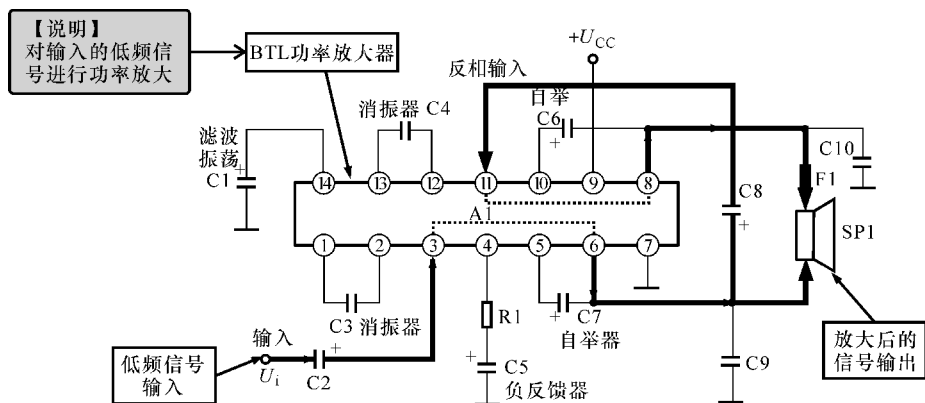


图 10-19 集成 BTL 功率放大器电路



结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

输入端低频信号 U_i 经 C_2 耦合,从③脚送入 A1 内电路,放大后的信号从⑥、⑧脚输出。

这一电路的工作原理是:从③脚送入的信号,一路经放大器放大后从⑥脚输出,其输出信号一方面加到扬声器 SP1,另一方面经 C_8 耦合到另一路放大器的反相输入端⑪脚(⑭脚是这一电路放大器的同相输入端,由 C_1 交流接地),经放大后从⑧脚输出,所以两个放大器输出端⑥和⑧脚信号相位始终相反。

电路中, R_1 和 C_5 是一路放大器的交流负反馈网络; C_6 、 C_7 分别是两组放大器的自举电容; C_3 和 C_4 是消振电容; C_9 和 C_{10} 具有改善音质、防止高频自激和保护功放管的作用; F_1 是熔断器,可保护扬声器 SP1 和两路放大器的功放管。



【资料】

BTL 是英文 Balanced Transformer Less 的缩写,意为平衡式无输出变压器。BTL 功放电路又称桥接推挽式功放电路,它的工作原理与 OTL 和 OCL 明显不同。

10.3 轻松搞定对“低频信号处理电路”的识图训练



低频信号处理电路也是电子产品中常用的一种功能电路,掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的低频信号处理电路作为识图训练案例,大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。

10.3.1 搞定对“均衡(频率补偿)放大器电路”的识图分析



均衡放大器电路在录音机等电子产品中应用较为广泛。在录音机进行录音时,为了弥补在磁头记录过程中的高频损失,必须大幅度地提升高频信号;放音时,由于放音磁头的输出与频率成正比,低频输出较弱,因而需要大幅度补偿低频部分。相应的补偿电路称为均衡放大器电路。

对于均衡(频率补偿)放大器电路的识读,一般需要我们先熟悉实际电路结构组成,然后找到电路中的核心元器件,查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图,最后,依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-20 所示为典型的录音均衡放大器电路。该电路主要是由晶体管放大器 VT1、偏磁阻塞电路(LC)、高频提升电路等部分构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

预放的录音信号经电位器($5k\Omega$)送到录音均衡放大器 VT1 的基极,放大后的信号从集电极输出,再经耦合电容和偏磁阻塞电路以及录放开关后送到录音头上。

10.3.2 搞定对“环境噪声自调整电路”的识图分析



环境噪声自调整电路主要可以随环境噪声变化进行音量的自动调整控制。对该电路进行识读,一般需要我们先熟悉实际电路结构组成,然后找到电路中的核心元器件,查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图,最后,依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。



图 10-20 典型的录音均衡放大器电路



图 10-21 自动音量控制电路



结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

电路中，拾音器（MIC）检测的信号分别由 IC 的⑬脚和⑮脚输入，经限幅放大、噪声检测和检波形成自动增益控制电压，对③脚和⑤脚内的主放大器的增益进行控制，环境噪声变大，则主放大器增益增大，反之则变小。

10.3.3 搞定对“杜比降噪功能录放音电路”的识图分析



对于具有杜比降噪功能录放音电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-22 所示为一种应用于较高档收音机中的具有杜比降噪功能的录放音电路，可以看到，该电路主要是由具有良好的降噪功能的集成电路 HA12134/5/6A 及外围电路构成的。

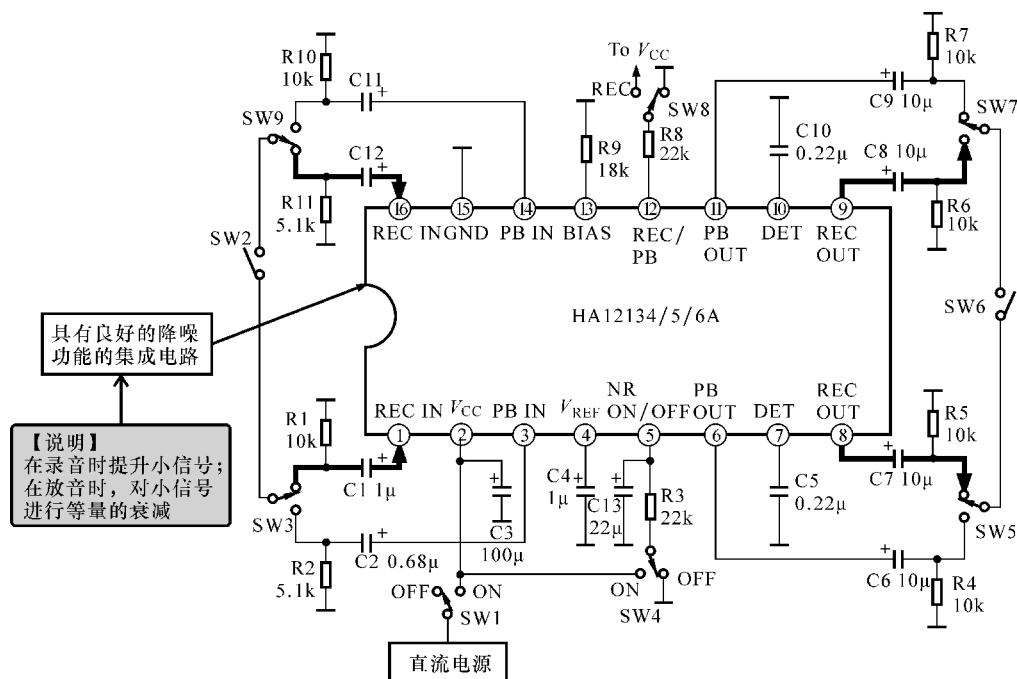


图 10-22 一种应用于较高档收音机中的具有杜比降噪功能的录放音电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

录音时，信号从①脚和⑮脚输入，经小信号提升后由⑧脚和⑨脚输出，再往录音磁头上输送。

在放音状态，放音磁头的输出送到集成电路 HA12134/5/6A 的③脚和⑭脚，经降噪处理后由⑥脚和⑪脚输出。



【资料】

杜比降噪电路是在录音时提升小信号，使小信号在录音时不会被埋没在背景噪声之中，而在放音时，再对小信号进行等量的衰减，在衰减后小信号恢复原状，而噪声也得到了等量的衰减，总体得到降噪的效果。由于电路精度要求较高，因而都被制作在集成电路之中。

图 10-23 所示为 HA12134/5/6A 集成电路的内部功能框图，该集成电路具有良好的降噪功能。

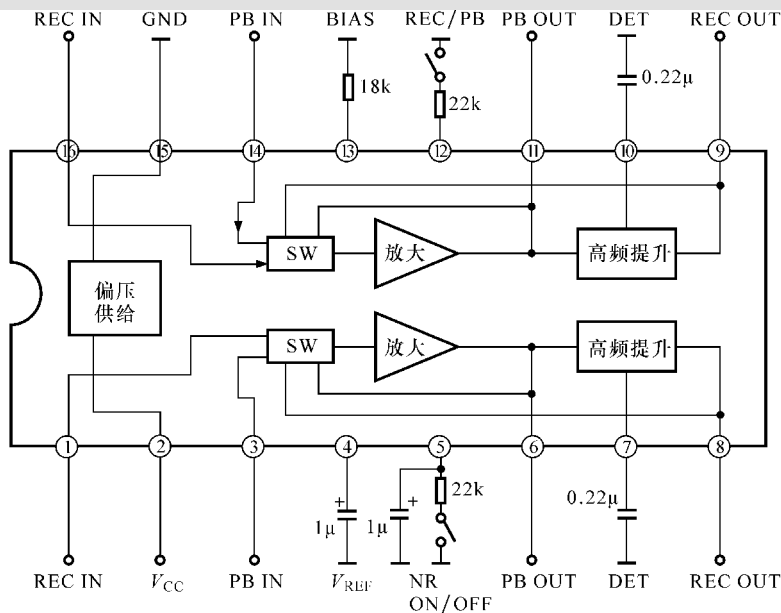


图 10-23 HA12134/5/6A 集成电路的内部功能框图

10.3.4 搞定对“按钮式电子音量音调调整电路”的识图分析



对于按钮式电子音量音调调整电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-24 所示为一种典型的按钮式电子音量音调控制电路，可以看到，它主要是由音量调整集成电路 TC9153AP、音调控制集成电路 TC9155AP 及外围元器件构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当电路满足供电条件后，音量和音调控制芯片均进入准备工作状态。

当有双声道音频信号（L、R）送入电路中时，首先分别从 IC1 TC9153AP 的③、⑭脚送入音量控制集成电路，经音量控制集成电路后又送至两个音调控制集成电路 TC9155AP 中，分别进行音量增减、高低音控制，然后送回音量控制集成电路（TC9153AP）中，最后由音量控制集成电路的⑥脚和⑪脚输出。



图 10-24 一种典型的按钮式电子音量音调控制电路



10.3.5 搞定对“电子音量控制电路”的识图分析



对于电子音量控制电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-25 所示为一种典型的电子音量控制电路，常应用于立体声音频设备中。可以看到，该电路主要是由音量控制集成电路 TC9211P 及外围元件构成的。

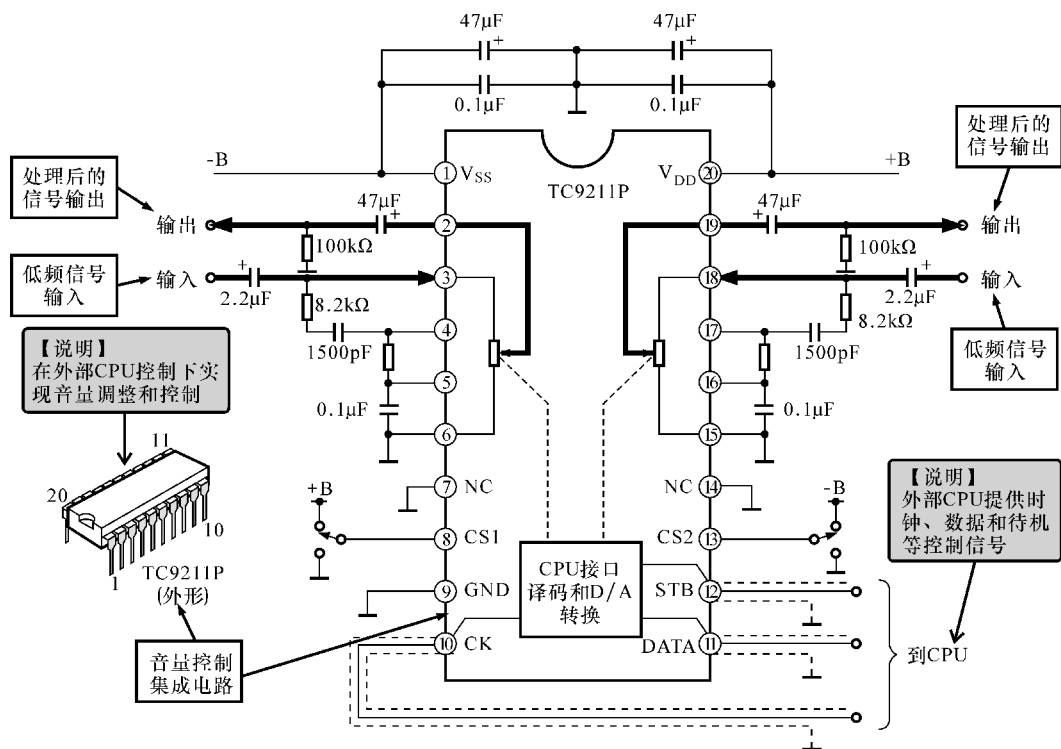


图 10-25 一种典型的电子音量控制电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

立体声信号分别由 TC9211P 的③、⑱脚输入，在外部 CPU 的控制下对输入的信号进行音量调整和控制后，由其②、⑲脚输出。

CPU 的控制信号（时钟、数据和待机信号）从⑩~⑫脚送入 TC9211P 中，经接口电路进行译码和 D/A 转换，变成模拟信号控制输入信号的幅度，从而达到控制音量的目的。

10.3.6 搞定对“展览立体声效果电路”的识图分析



对于展览立体声效果电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。



图 10-26 所示为一种可以将普通立体声信号进行展宽效果处理的电路。可以看到，该电路由两路主放大器构成，两路信号输入时分别分出一路信号经电阻送到另一路放大器的输入端，两路信号输入极性相反，这样使每一路中都包含了与另一路相位不同的信号分量，经合成后具有展宽的立体声效果。这种电路可应用于收录机中，电路简单、效果明显。

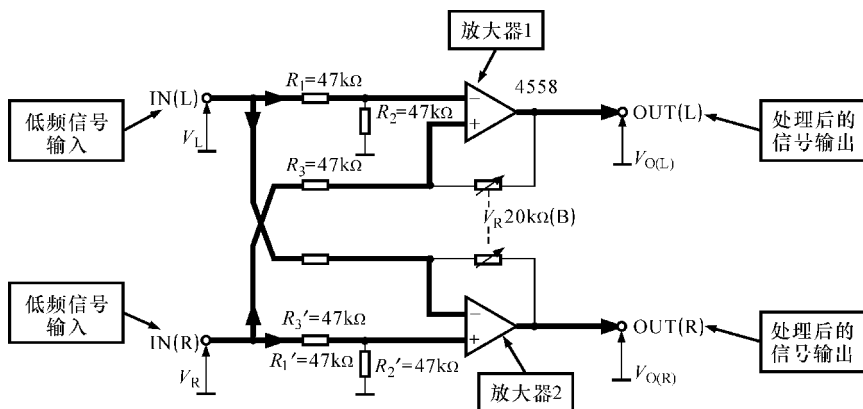


图 10-26 一种可以将普通立体声信号进行展宽效果处理的电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

立体声两路信号分别由两个运算放大器放大，同时，各分出一部分信号交叉送到另一路放大器的反相输入端，这样每一路中都会有另一路反相的信号成分，从而使音乐中的混响成分增强。本电路使用一个运放（4558）即可实现。

10.3.7 搞定对“交流/直流 LED 电平指示电路”的识图分析



对于交流/直流 LED 电平指示电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-27 所示为一种典型的交流/直流 LED 电平指示电路。可以看到，该电路主要是由五个红色发光二极管、信号放大和驱动集成电路 LB1405/LB1415 等部分构成的。该电路可用于直流信号的显示，也可以用于交流动态的显示。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

当用于交流信号时，信号输入端需要加隔直电容 C_1 ($4.7\mu\text{F}$)，⑤脚加旁路电容 C_2 ($4.7\mu\text{F}$)。表 10-1 所列为集成电路 LB1405 和 LB1415 ⑩~⑭脚的电平输出值。当⑤脚为 3V 时，LB1405 的 0dB = 2.37V，LB1415 的 0dB = 1.5V。

输入信号经放大后变成驱动电压，然后同时加到五个电压比较器中，每个电压比较器的基准电压是不同的，因而电压越高，点亮的发光二极管就越多。

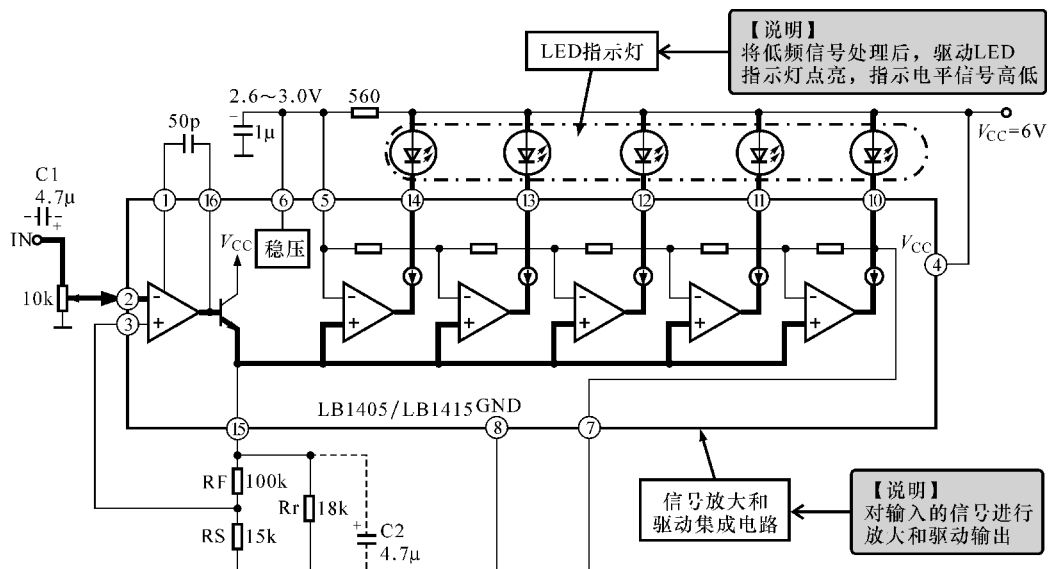


图 10-27 一种典型的交流/直流 LED 电平指示电路

表 10-1 集成电路 LB1405 和 LB1415⑩~⑭脚的电平输出值 (单位: V)

引脚	LB1405			LB1415		
	min	typ	max	min	typ	max
14	1.6	2.0	2.4	5.5	6.0	6.5
13	-0.4	0	0.4	2.5	3.0	3.5
12	-3.6	-3.0	-2.4	-0.5	0	0.5
11	-8.0	-7.0	-6.0	-6.0	-5.0	-4.0
10	-17	-15	-13	-13	-10	-8



【资料】

在音响产品中有多电平指示方式，传统采用的是电平表的指示方式，音频信号电平的高低用电平表的指针摆动显示出来。本电路是采用发光二极管（LED）显示方式，发光二极管由集成电路驱动。

10.3.8 搞定对“录音机图示均衡器驱动电路”的识图分析



对于录音机图示均衡器驱动电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 10-28 所示为一种录音机图示均衡器驱动电路，可以看到，该电路主要是由双声道七段图示均衡器（LC7520）及外围相关电路构成的。

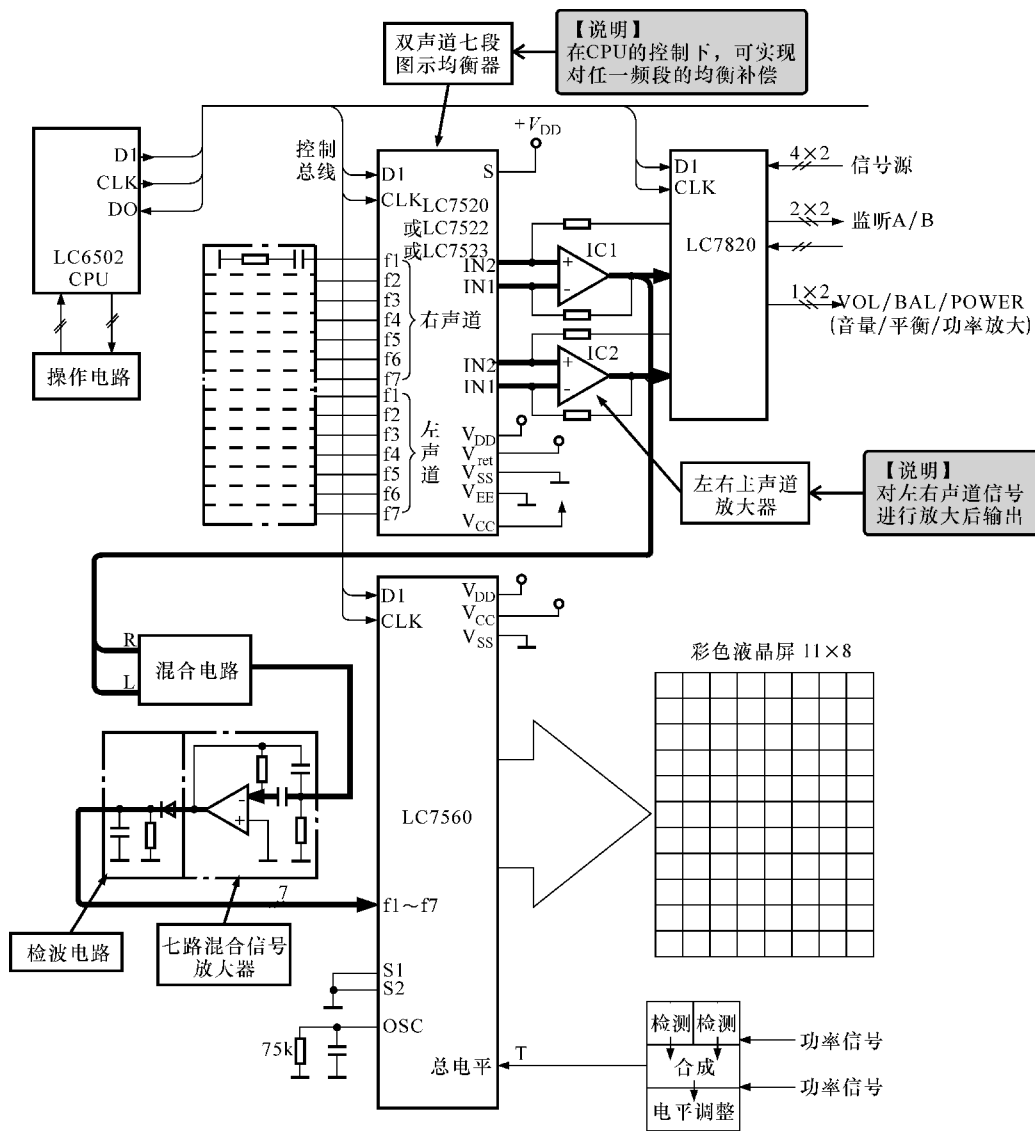


图 10-28 一种录音机图示均衡器驱动电路

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

左右主声道放大器 IC1、IC2 的输出各分成两路，一路送往 LC7820，经 LC7820 处理后再送往音量调整、平衡控制和功放电路等部分。

另一路则送往 RL 混合电路、混合信号放大器和检波电路。在这里分成七路，对七个频段的信号分别进行放大和检波，将音频信号转换成七个频段的检波电压，再送到 LC7560 中，经处理后变成液晶屏的驱动信号进行显示。



【资料】

图 10-29 为双声道七段图示均衡器 LC7520 的内部结构框图。了解集成电路的内部结构,对识读电路图和深刻理解集成电路的内部信号处理过程十分重要。

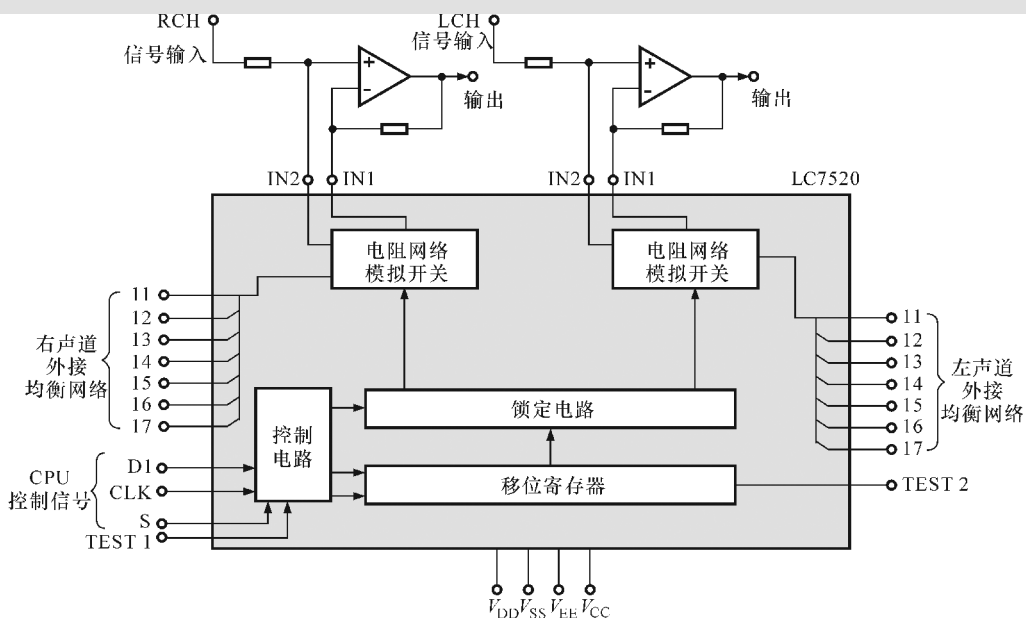


图 10-29 双声道七段图示均衡器 LC7520 的内部结构框图

通过案例搞定“高频电路”的识读



现在,开始第 11 章的学习。本章我们要掌握高频电路的识图技能。学习高频电路的识读,首先要对高频电路的特征有所了解,为此我们特别选取几种常见的高频电路,从这些高频电路的特征入手开始了解,然后,在此基础上挑选了数十种典型的高频电路,逐一进行识图训练,以案例演示的方式引导大家完成对高频电路的识图练习。相信经过大量实用高频电路的识图实训案例,大家一定能掌握过硬的高频电路识图本领。

11.1 看一看,高频电路有什么特征



对高频电路的识读,我们首先要了解高频电路的特征,逐一了解几种常见高频电路(高频放大电路、变频电路)的特点,搞清高频电路的基本形式和概念,为接下来进行高频电路的识图打好基础。

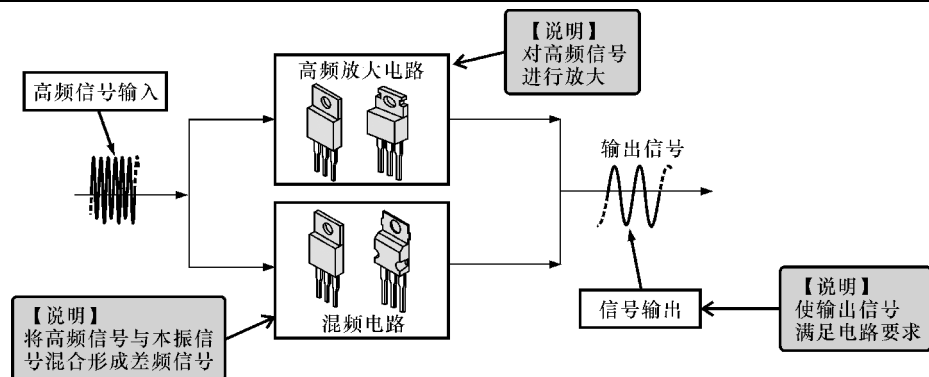
11.1.1 别急,先搞清高频电路的功效是什么



高频电路是处理或放大高频信号的电路,如收音机的高频放大器、电视机的高频放大器、手机中的射频信号处理电路、卫星接收机中的调谐器电路。

值得注意的是,在电视机、机顶盒中,有些中频信号处理电路即中频放大器,它所处理的信号也属于高频信号,因为不同产品中的高频、中频只是相对而言的。在高频电子设备中的振荡电路、混频电路等,也属于处理高频信号的电路。

根据电路功能特点,目前常见的高频电路主要可以归纳为高频放大电路和混频电路,图 11-1 为高频电路的基本功能示意图。可以看到,高频电路是将输入到电路中的高频信号进行放大或各种功能处理后,再输出的一种功能电路。其中,高频信号的放大、处理都由高频电路的核心部件实现。





例如，在收音机中，它作为一种接收广播节目的音响产品，主要的功能是接收高频载波，并对接收的高频信号进行调谐放大和混频，与本振信号相差形成固定中频的载波信号，再经中放和检波，将调制在载波上的音频信号取出，再经低频功放，去驱动扬声器或耳机。这一过程中，实现了对高频信号的放大、处理等。高频电路在收音机中的应用如图 11-2 所示。

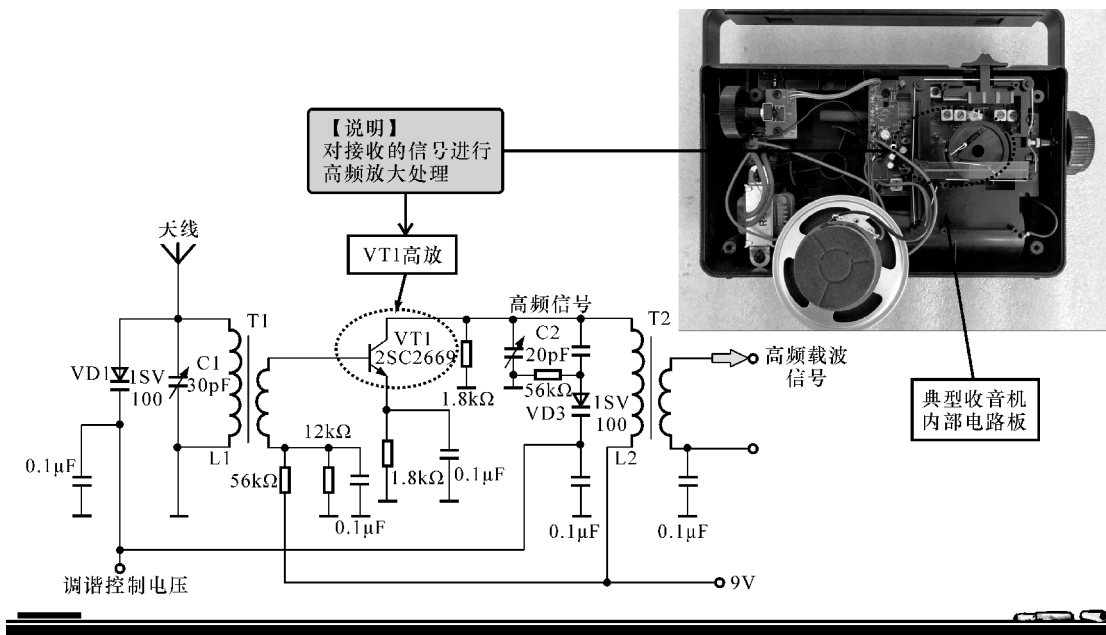


图 11-2 高频电路在收音机中的应用

【注意】

在图 11-2 所示的高频电路中，核心器件是高频三极管 VT1，信号由基极输入，放大后的信号由集电极输出并经谐振变压器耦合到混频电路中。

另外，该高频电路中，+9V 经变压器线圈 L2 为 VT1 的集电极提供直流偏压；+9V 经 56kΩ 电阻与 12kΩ 电阻的分压形成直流电压，再经高频输入变压器次级线圈为 VT1 的基极提供直流偏压。

在对该类电路进行识图的过程中，将电路中的交流信号处理和传输通路与直流供电通路分开来识读，是一种有效的方法，可避免识图过程中出现混乱不清的情况。

11.1.2 了解高频放大电路的特征



高频放大电路就是放大高频信号的电路，如收音机、电视机、手机等产品中的高放电路。这些放大器的工作频率很高，如手机的高频放大器放大 900MHz 和 1800MHz 的射频信号，电视机的高放放大 VHF 和 UHF 频道的信号，FM 收音机放大 88 ~ 108MHz 的调频立体声广播信号，中波收音机放大 500 ~ 1650kHz 的高频信号，短波收音机放大 1.5 ~ 30MHz 的高频信号。

在不同的发送、接收系统中，高频放大电路所处理的信号频率有很大不同。当其所处理的信



号频率范围不同，所采用的元器件和电路结构也会有很大的差别。高频电路对干扰比较敏感，要求具有良好的屏蔽措施，信号的传输都采用屏蔽好、损耗小的电缆。

1. 发送系统中的高频放大电路

图 11-3 所示为广播发送系统中的高频放大器它包括四部分：一是声音的转换（话筒）与放大部分，其工作频率较低，称为“低频部分”；二是高频振荡的产生、放大与调制部分，称为“高频部分”；三是传输线射频功率放大器与天线；四是电源部分，省略未画。

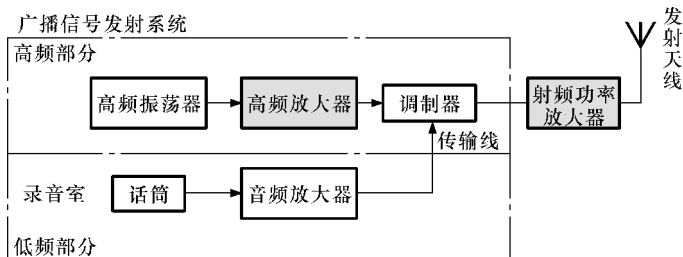


图 11-3 广播发送系统中的高频放大器

图 11-4 所示为电视发送系统中的高频放大器，与广播发送系统基本相同，二者的差别在于，电视发射系统除了要发射已调频（FM）的声音信号外，还要发射已调幅的图像信号。

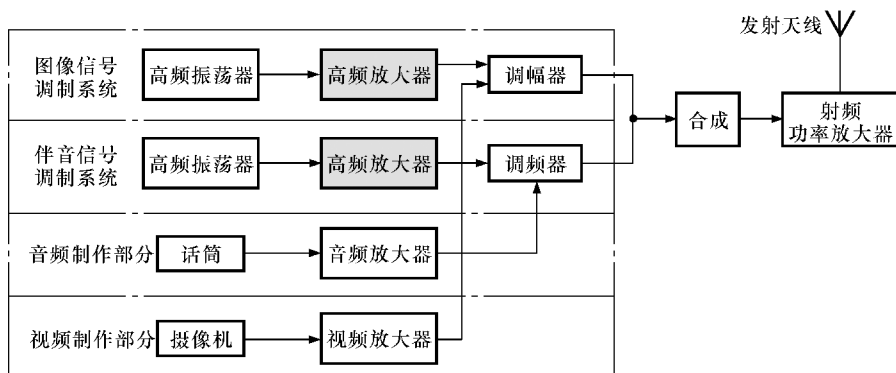


图 11-4 电视发送系统中的高频放大器

2. 接收系统中的高频放大电路

接收是发送的逆过程，它的基本任务是将空中传送的高频已调载波信号接收下来，并还原成调制信号。这种还原的过程称为解调，完成这一功能的相应部件称为解调器。

图 11-5 所示为广播接收系统中的高频放大器，由接收天线收集从空中传送来的电磁波，接收天线接收到的信号中包含了空中所有混合在一起的若干个不同频率的电磁波信号，与本机振荡器产生的外差振荡信号在混频器中混频，将高频信号的载波频率先变为较低的固定的中间频率，简称中频，利用中频放大器放大后再进行解调。最后将还原的音频信号进行放大再去驱动扬声器发生。

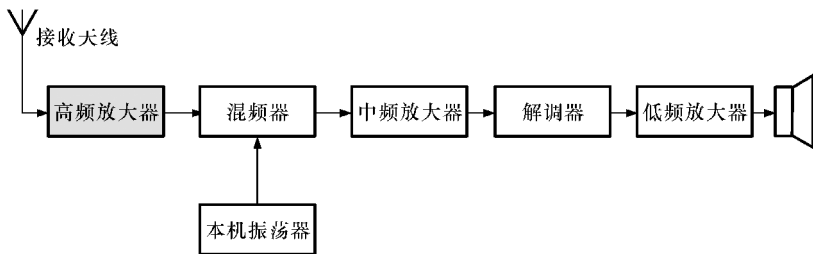


图 11-5 广播接收系统中的高频放大器

11.1.3 继续！了解混频电路的特征



混频电路又称变频电路，它是将高频载波信号与本振信号混合形成差频信号（通常这个差频信号被称为中频信号），将多种高频信号的频率降低，变成统一的中频信号，以便进行检波或解调处理。混频电路多用于 FM 或 AM 收音电路、手机和电视机调谐接收电路中。

混频电路的基本特征比较明显，电路结构简单，一般由三极管或者场效应晶体管以及外围元器件组成，如图 11-6 所示。

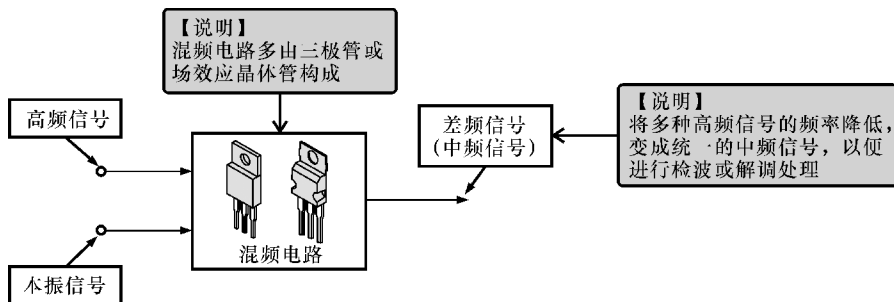


图 11-6 混频电路的基本特征

接收的高频信号与本振信号都送到晶体管放大器中，根据晶体管的非线性特性，在输出端会产生多种信号成分，主要包含有两个输入的信号，还有两信号之和以及两信号之差。通过中频滤波器只取两个信号的差频，这个差频被称为中频信号。在接收机电路中调谐，就是使本振信号跟随高频输入信号的频率同步变化，始终使两个信号的频率之差保持一个恒定的中频频率，这样为后面的中频放大和解调带来了方便。

11.2 轻松搞定对“高频放大电路”的识图训练



高频放大电路是电子产品中常用的一种功能电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的高频放大



电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。

11.2.1 搞定对“收音机高频放大电路”的识读分析



对于收音机高频放大电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-7 所示为典型收音机中的高频放大电路，可以看到，该电路主要是由谐振电路、高频放大器 VT1 及相关的外围元件构成的。

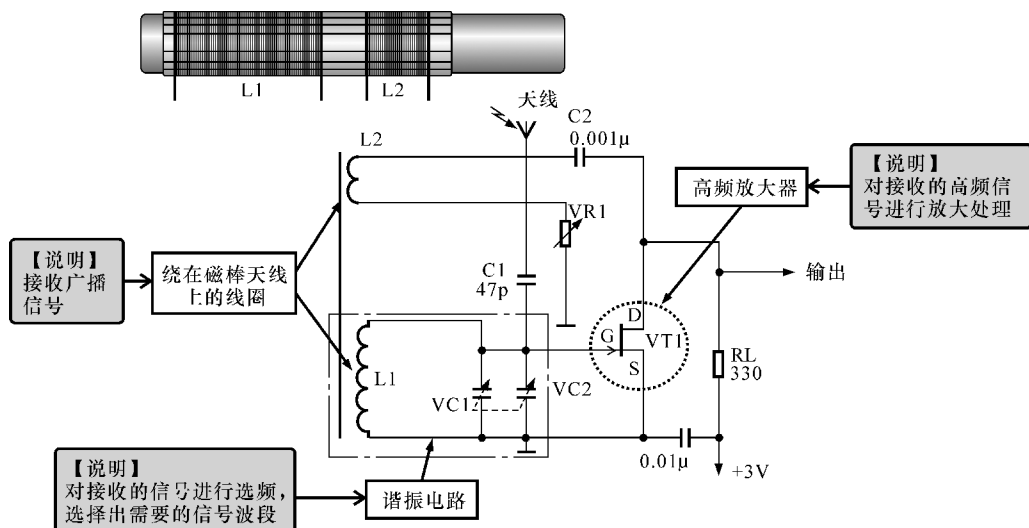


图 11-7 典型收音机中的高频放大电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

无线电波在天线上感应出高频信号电流，经 C1 耦合到由 L1 和 VC1、VC2 构成的谐振电路中，经谐振电路选频后，信号输入到场效应晶体管的栅极（G），对信号进行高频放大，放大后的信号由漏极（D）输出，送往后级电路中。

直流 +3V 供电电压经电阻器 RL 为场效应晶体管提供偏置电压。

11.2.2 搞定对“高频小信号调谐放大器电路”的识图分析



对于高频小信号调谐放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-8 所示为调幅超外差式收音机中的高频小信号调谐放大器，在各种调幅、调频接收机中，该放大器都可以作为高频或中频放大器使用。可以看到，该电路主要是以三极管 VT1 和 VT2 为核心构成的两级中频放大电路。

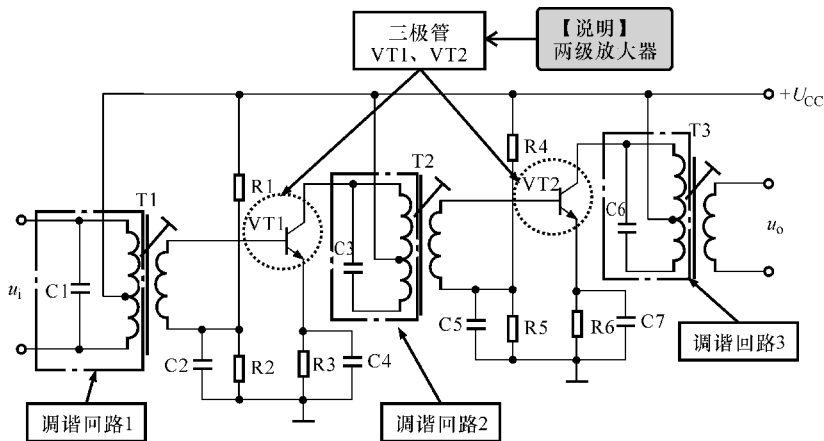


图 11-8 调幅超外差式收音机中的高频小信号调谐放大器

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

中频变压器 T1、T2、T3 的一次线圈是调谐线圈，分别与其相配的谐振电容 C1、C3、C6 构成了三个并联 LC 调谐回路，它们均调谐在 465kHz 上，可使 465kHz 的中频信号顺利通过，其他频率的信号将受到抑制。

由电路输入端送入的信号首先经 T1、C1 构成的调谐回路后，选出中频信号，送到第一级放大器 VT1 的基极，经 VT1 放大后，再经 T2、C3 进行调谐选频，然后将所需频率的中频信号送入二级放大器 VT2 的基极，经 VT2 放大后，最后经 T3、C6 调谐处理，输出放大后的信号。

直流供电电压经中频变压器初级绕组中心抽头后，为两级放大器 VT1、VT2 的集电极提供偏压。

11.2.3 搞定对“FM 收音机中的高频放大电路”的识图分析



对于 FM 收音机中的高频放大电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-9 所示为 FM 收音机中的高频放大电路，可以看到，该电路的核心器件为双栅极场效应晶体管 VT1，它与外围元件实现高频信号的放大功能。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

高频信号经输入接口 J1 送入电路中，经 L1 后，送入双栅极场效应晶体管 VT1 的栅极 G1 端，经场效应晶体管进行放大后，由其漏极 D 输出，经 L2、耦合电容器 C6 后输出，送往后级电路中。

+18V ~ -6V 的 AGC 电压加到双栅极场效应晶体管 VT1 的 G2 端，为其提供自动增益控制 AGC 偏压。

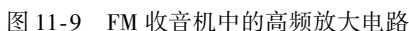


图 11-10 所示为 1~250MHz 宽频带高频放大器,该电路是采用阻容耦合方式的共发射极放大电路,可用于放大高频信号。



高频信号经输入端子 J1 (输入阻抗 50Ω) 送入电路中, 经耦合电容 C1 加到放大器 VT1 的基



极，经放大后由 C5 耦合到 VT2 的基极，放大的信号由集电极输出。

调整带“※”号的电容，可使带内频率特征达到 $\pm 1\text{dB}$ 。

11.2.5 搞定对“高频输出放大器电路”的识图分析



对于高频输出放大器电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-11 所示为一种高频输出放大器，该电路主要由三极管 VT3 构成的共集电极放大器（射极输出器）组成。为了提高宽频带高频放大器（1~250MHz）的输出电压，增加了该功率输出级电路。

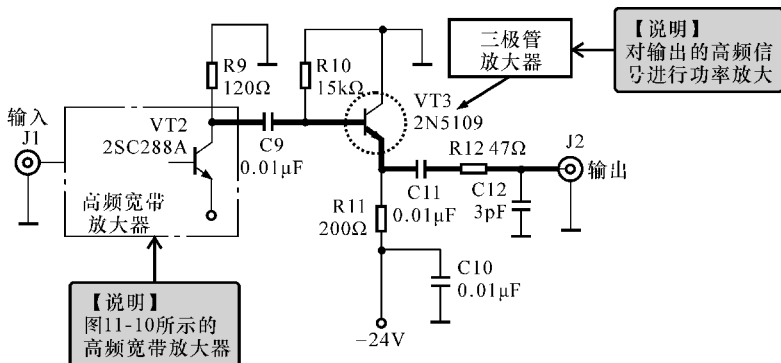


图 11-11 一种高频输出放大器

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

来自高频宽带放大器的信号，加到 VT3 的基极，经 VT3 放大后，再经耦合电容器 C11、电阻器 R12 后输出。

该电路同前级的宽频带高频放大器一样，都是采用负电源进行供电，从而提高前级宽频带高频放大器的能力。

11.2.6 搞定对“组合音响 FM 接收系统中的高频放大电路”的识图分析



对于组合音响 FM 接收系统中的高频放大电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-12 所示为典型组合音响 FM 接收系统中的高频放大电路。可以看到，该电路的核心器件为进行高频放大的双栅极场效应晶体管 VT1，该场效应晶体管与外围元器件构成高频信号放大电路，对输入的高频信号进行放大。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

天线接收的 FM 信号，由输入电路传输至高频放大电路，进入双栅极场效应晶体管 VT1 的栅极（G1），经其放大后，由漏极（D）输出，送往后级混频电路中。

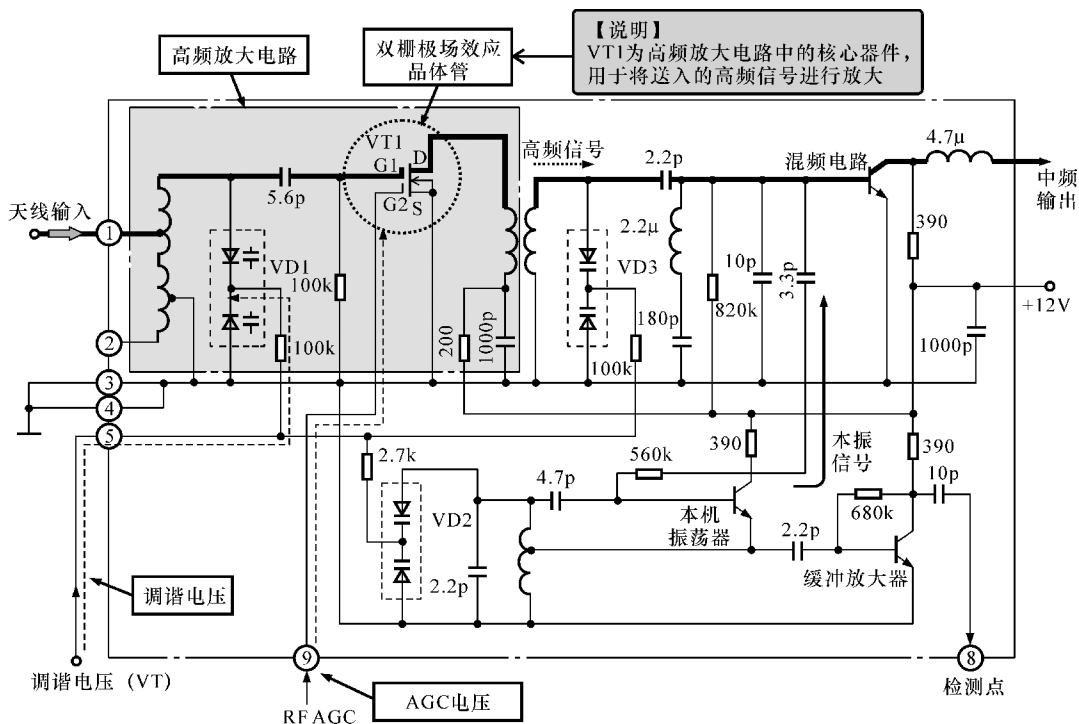


图 11-12 典型组合音响 FM 接收系统中的高频放大电路

调谐电压控制变容二极管 VD1 的反偏压，改变电容，即可调谐高放级频率，选出欲收电台，送往混频电路。

由于调谐电路处在 FM 接收机的最前端，为保证接收质量，要求输出的中频信号稳定。在电路中采取的措施是使高频放大级具有自动增益控制 AGC 功能。由中放送来的高放 AGC 控制电压，送入双栅极场效应管的控制极 (G2)，控制其电压增益。

当接收信号弱时，AGC 电压使增益升高，反之则下降。为保证中放频率稳定，接收电路中还有自动频率调整电路 (AFT)。自动频率调整电压叠加在变容二极管上或送给调谐控制器，由调谐控制器进行微调，使输出的中频稳定。

11.2.7 搞定对“电视机调谐接收电路”的识图分析



对于电视机调谐接收电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-13 所示为采用电子调谐式 U 频段电视机接收电路，它是由高频放大器 VT1、混频和本机振荡电路构成的。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

天线接收的信号经扁平电缆加到输入线圈上，经腔体谐振电路耦合到高频三极管 VT1 的发射极，将其放大后由集电极输出，经双调谐电路耦合到混频级 VD6。由 VT2 和调谐电路构成本机振荡电路，本振电路也将本振信号送往混频电路，混频后由 IF 端输出中频信号。

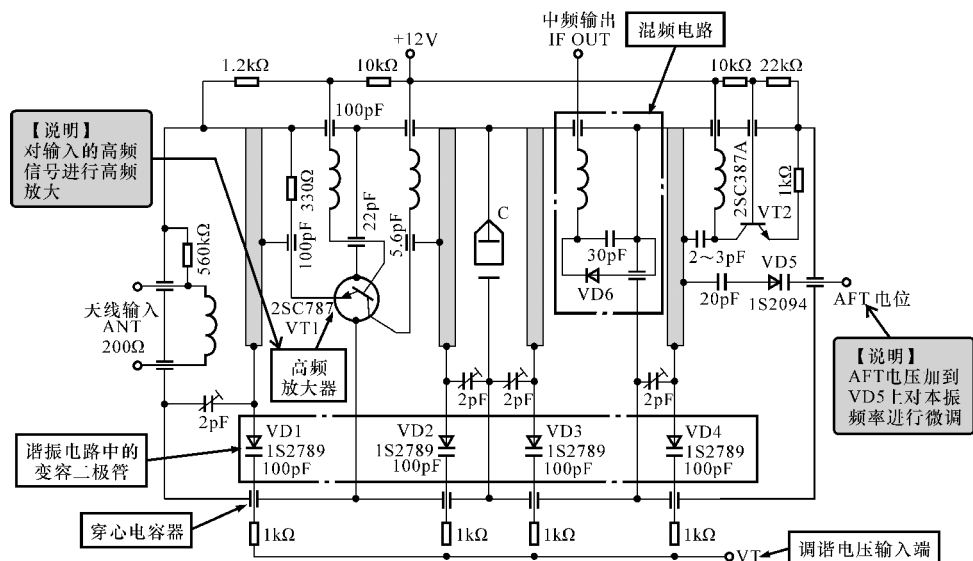


图 11-13 采用电子调谐式 U 频段电视机接收电路

11.2.8 搞定对“AM 调制小功率发射电路”的识图分析



对于 AM 调制小功率发射电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-14 所示为一种小功率 AM 调制的发射电路，可以看到，该电路主要是由集成音频放大器 IC1 (TA7368P)、VT2 等构成的高频信号发射电路、载波振荡器及相关外围元件构成的。

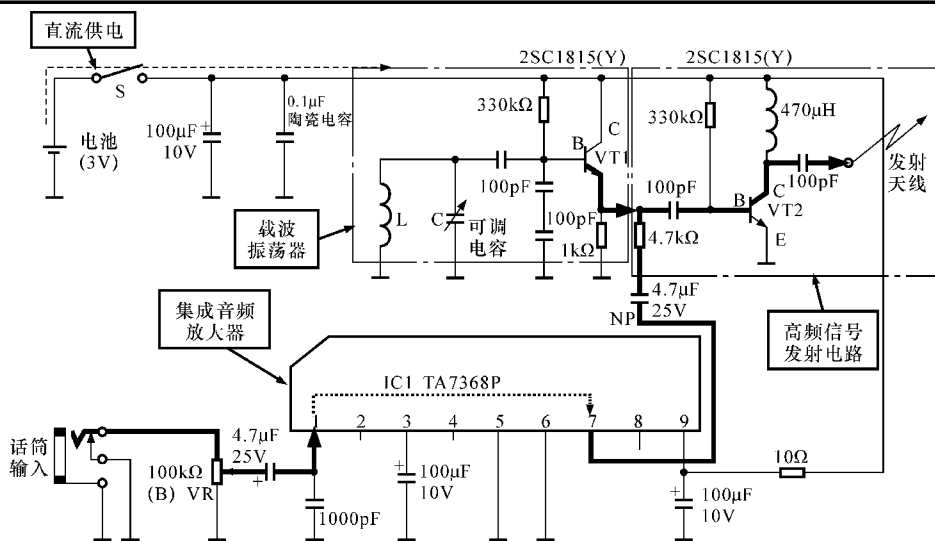


图 11-14 一种小功率 AM 调制的发射电路

结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

将话筒信号送入集成音频放大器的输入端（TA7368P①脚），经集成音频放大器放大后由⑦脚输出，加到调制发射三极管 VT2 的基极。

由 LC（电感电容）构成的谐振电路与三极管 VT1 构成载波振荡器，其振荡信号也送到调制发射三极管 VT2 的基极。两信号在三极管中经调制和放大后，即可通过天线发射出去。

3V 电池经开关 S 后为整机电路提供直流供电电压。

11.2.9 搞定对“FM 调制小功率发射电路”的识图分析



对于 FM 调制小功率发射电路的识读,一般需要我们先熟悉实际电路结构组成,然后找到电路中的核心元器件,查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图,最后,依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-15 所示为一种 FM 调制小功率发射电路，它可以近距离传输立体声信号。可以看到，该电路主要是由立体声解调集成电路 NJM2035D、高频信号发射电路（VT2 等元件）等部分构成的。

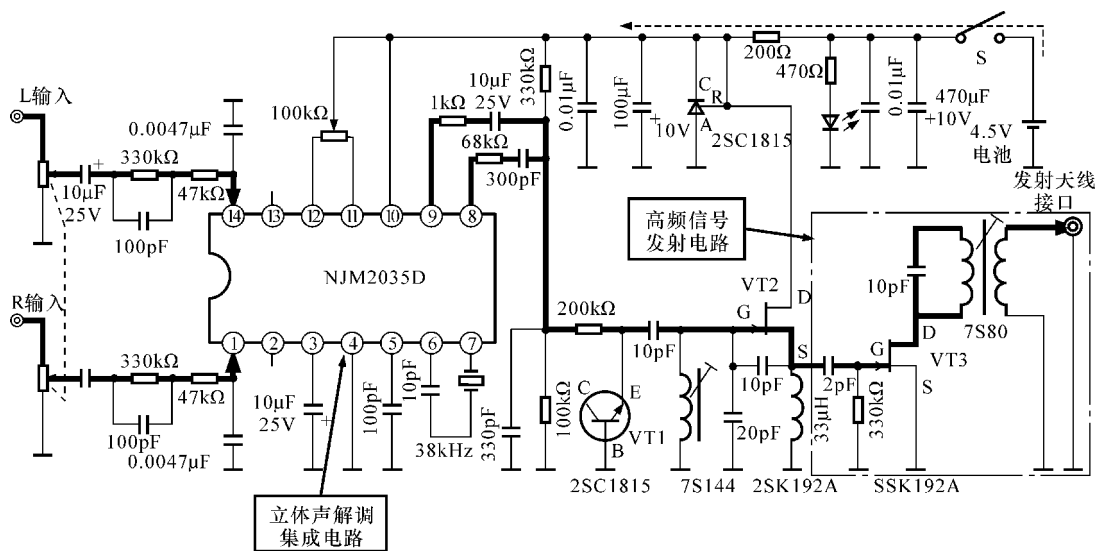


图 11-15 一种 FM 调制小功率发射电路

结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

双声道输入信号经预加重电路(RC)提升高频小信号,然后送入立体声解调集成电路NJM2035D的⑭脚、①脚,在其中进行立体声编码和调制处理。

在集成电路 NJM2035D 中设有 38kHz 振荡器, ⑥、⑦脚外接谐振晶体, 调制编码的立体声信号由⑨脚输出, ⑧脚输出 19kHz 导频信号。

两信号合成后送到 FM 载波振荡调制场效应晶体管 VT2 的栅极, 调制 (FM) 后的载波信号最后经高频信号发射电路中的场效应晶体管 VT3 放大后, 经变压器耦合到发射天线端, 将立体声 FM 信号发射出去。



11.3 轻松搞定对“混频电路”的识图训练



混频处理电路也是电子产品中常用的一种功能电路，掌握该类电路的识图技能对分析电子产品功能、工作原理有十分重要的意义。下面我们特别挑选了几种典型的混频信号处理电路作为识图训练案例，大家可以在大量的练习中掌握这项识图技能。

11.3.1 搞定对“平衡式混频电路”的识图分析



对于平衡式混频电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-16 所示为一种平衡式混频电路，该电路主要由两只双栅极场效应晶体管构成。

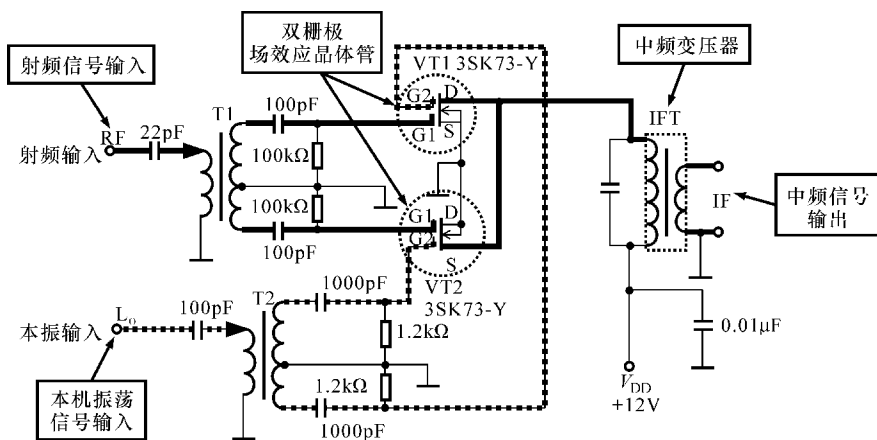


图 11-16 一种平衡式混频电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

射频信号经变压器 T1 将信号耦合到两只双栅极场效应晶体管的栅极 (G1)，本机振荡信号经耦合变压器 T2 加到双栅极场效应晶体管的另外两个栅极 (G2) 上，两管的漏极 (D) 输出至中频变压器 (IFT)，选出中频 10.7MHz 的信号输出。

11.3.2 搞定对“宽动态范围混频电路”的识图分析



对于宽动态范围混频电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-17 所示为一种宽动态范围的混频电路，该电路采用两只对称的绝缘栅型场效应晶体管和输入/输出变压器耦合方式。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

射频信号输入端设有三个变压器 (T1、T2、T3)，对称地加到两场效应晶体管的源极上，本振信号同时加到两管的栅极。输出级组成推挽式放大器，该电路并具有选频作用，选频电路谐振于中频 (20.6MHz)。

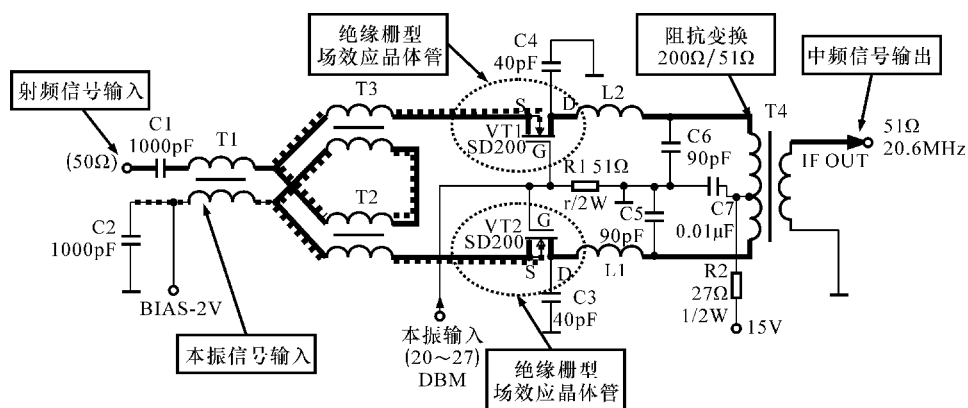


图 11-17 一种宽动态范围的混频电路

该电路中，输入变压器（T1、T2、T3）将单端输入（50Ω 阻抗）变成平衡输出（200Ω 阻抗），信号再经变压器 T4 变成单端输出，阻抗为 51Ω，该电路具有高稳态范围的特点，但电压增益小于 1。

11.3.3 搞定对“双向变频电路”的识图分析



对于双向变频电路的识读，一般需要先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-18 所示为一种接收和发射双向变频电路，其中，场效应晶体管 VT1 起混频的作用。

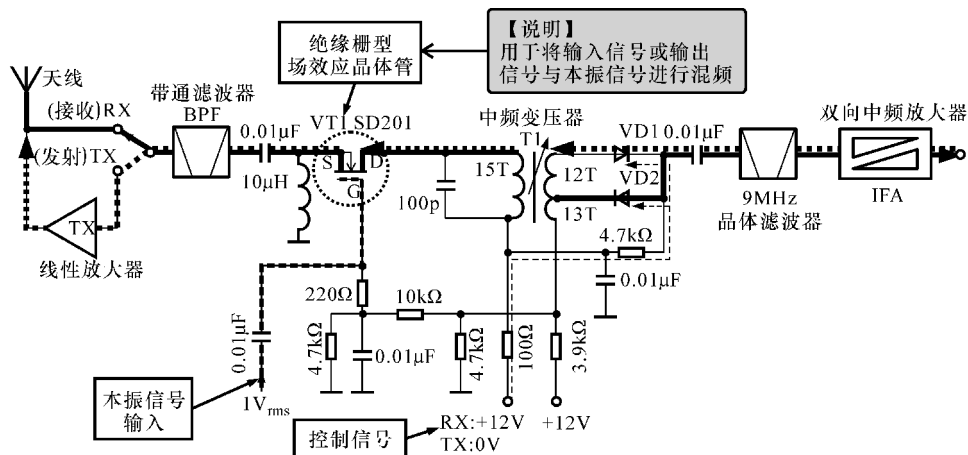


图 11-18 一种接收和发射双向变频电路

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

在接收状态（RX），天线接收的信号送入带通滤波器，经带通滤波器将信号加到场效应晶体



管 VT1 的源极 (S)。本振信号加到 VT1 的栅极, VT1 的漏极 (D) 接中频变压器的初级绕组。

中频变压器 T1 的初级绕组与并联电容谐振在中频频率上, 它将 VT1 混频后的差信号取出。在接收状态, 由控制端使 VD2 为正向偏置导通, 中频信号经 VD2 输出, 再经晶体滤波器和双向中频放大器输出。

当发送信号 (TX) 时, 控制端为 0V, VD1 导通, 中频信号经双向中频放大器、晶体滤波器和 VD1 加到中频变压器的绕组上。本振信号的通路不变, 信号由 VT1 的漏极输入, 源极 (S) 输出再经带通滤波器和发射放大器 (TX) 送到天线发射信号。

11.3.4 搞定对“调幅收音机混频电路”的识图分析



对于调幅收音机混频电路的识读,一般需要我们先熟悉实际电路结构组成,然后找到电路中的核心元器件,查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图,最后,依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-19 所示为一种调幅收音机中的混频电路, 该电路的核心器件是三极管 VT3。

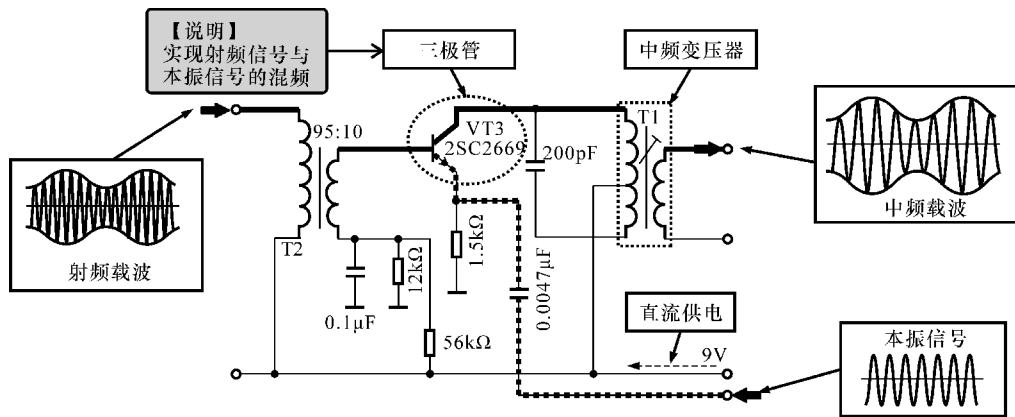


图 11-19 一种调幅收音机中的混频电路

结合电路中关键元器件的功能特点, 对该电路的识图过程如下:

高频信号经变压器 T2 耦合后加到三极管 VT3 的基极, 同时, 本机振荡信号经耦合电容 $0.0047\mu\text{F}$ 加到三极管 VT3 的发射极, 这两个信号经 VT3 进行混频。

混频后的信号由 VT3 的集电极输出, 集电极负载电路中设有谐振变压器, 即中频变压器。

中频变压器的初级绕组与电容 200pF 构成并联谐振回路, 从混频电路输出的信号中选出中频 (465kHz) 信号, 再送往中频变压器后输出。



【资料】

图 11-19 所示为收音电路中的高频放大器、本机振荡和混频电路。混频电路为典型收音机电路中的重要组成部分, 在该电路的前级为高频放大电路, 还有与之相关的本振电路部分, 如图 11-20 所示。

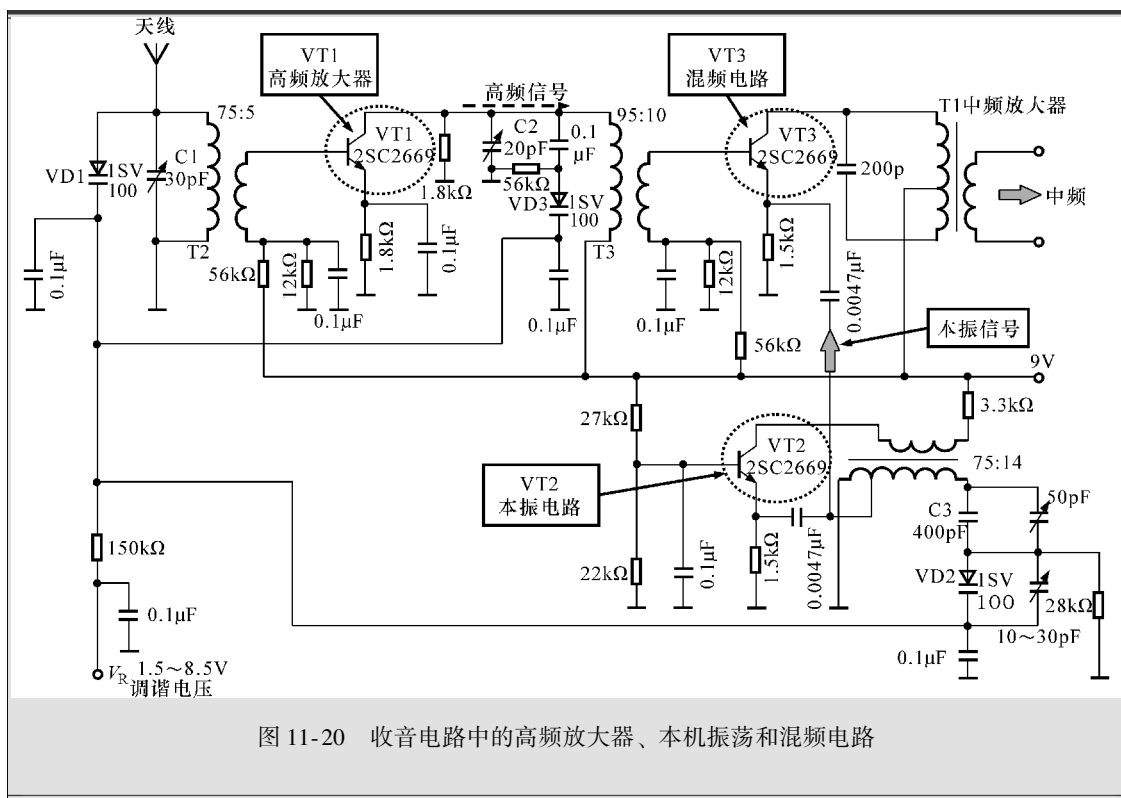


图 11-20 收音电路中的高频放大器、本机振荡和混频电路

11.3.5 搞定对“电视机调谐器中混频电路”的识图分析



对于电视机调谐器中混频电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。

图 11-21 所示为典型电视机中的调谐器电路，该电路实现了高频信号的放大、混频等处理过程。

结合电路中关键元器件的功能特点，对该电路的识图过程如下：

天线接收的电视信号，由输入电路送至高频放大电路中的双栅极场效应晶体管 VT1 的栅极 (G1)。

由调谐电压控制变容二极管 D1 的反偏压，改变电容，即可调谐高放级频率，选出欲收电台，送往混频电路。

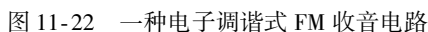
混频电路还接收由本机振荡电路送来的比欲接收的高频信号高出 38MHz 的本机振荡等幅波，其振荡频率是由调谐电压控制变容二极管 D2 的反偏压来控制的。混频电路输出本机振荡信号和高频信号的差频，即图像、伴音中频信号。

11.3.6 搞定对“电子调谐式 FM 收音电路”的识图分析



对于电子调谐式 FM 收音电路的识读，一般需要我们先熟悉实际电路结构组成，然后找到电路中的核心元器件，查找其核心元器件的功能结构或内部结构框图，最后，依据核心元器件的功能结构完成对整体电路的识读。







结合电路中关键元器件的功能特点,对该电路的识图过程如下:

天线感应的高频 FM 信号经高频谐振电路 L1 后, 加到高放场效应晶体管 VT1 的栅极 (G1) 上, VT1 的输出经变压器和 高频谐振电路 L2 送到混频器 VT2 的基极。

谐振电路 L3 和电容（含变容二极管的电容）构成振荡电路，振荡信号由 VT3 的发射极经 8pF 电容也送到混频器 VT2 的基极。

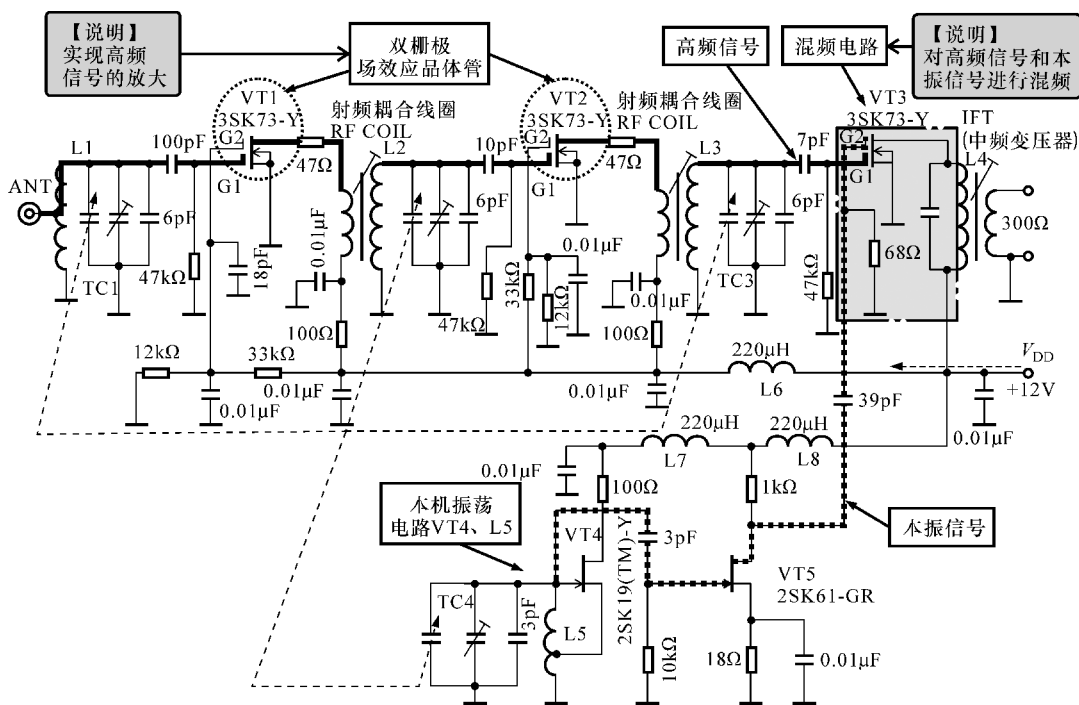
高频信号与振荡信号经混频器 VT2 处理后, 由其集电极输出, 经中频变压器选出中频信号后输出。

在调谐选台时，由调谐电路送来的 $3 \sim 9\text{V}$ 直流电压加到每个变容二极管的负载，为变容二极管提供反向偏压。变容二极管与其并联的线圈构成谐振电路。

11.3.7 搞定对“FM 收音电路中的混频电路”的识图分析



图 11-23 所示为典型的 FM 收音电路。可以看到, 该电路中主要是由两级双栅极 MOS 场效应晶体管 (VT1、VT2) 构成的高频信号放大电路、混频电路 VT3, 本机振荡器 VT4 等部分构成的。



高频信号和本振信号经混频电路混频后形成的中频信号，由中频变压器（L4）选频后输出。

图 11-24 所示为一种采用双变容二极管的调谐收音电路, 该电路主要是由高放 (RFA)、本振 (OSC) 和混频电路 (MIX) 等部分构成的。它将收到的调频信号变成中频信号输出, 其功能是对 FM 信号进行放大和变频, 输出调频中频信号 (10.7MHz), 具有调谐功能。



由天线接收的 FM 广播信号首先送到由 L1 和变容二极管 VD1 组成的谐振电路进行调谐, 然后由高频放大器 VT1 (RFA) 进行放大, 放大后的高频信号再由 L2 和 VD2 进行选频, 经选频后



将高频信号送到混频三极管 VT2 (MIX) 的基极。

本振电路由本振三极管 VT3 (OSC) 和 L3、VD3 谐振电路构成，本振信号经耦合电容 (2pF) 也送到混频三极管 VT2 的基极。

高频信号和本振信号经混频后，由混频三极管 VT2 集电极负载电路进行选频 (由中频变压器的初级绕组和谐振电容组成)，然后由中频变压器的次级绕组输出 10.7MHz 中频信号。

通过实际产品电路图锻炼电路识图的实战技能



现在,开始进入第12章的学习。本章,我们将以实际产品的电路图为例,锻炼电路识图技能。经过前面章节的学习,我们已经对各种功能电路的识读方法有所了解,下面我们将要对小家电产品、家庭影音产品、办公设备和通信设备中的电子产品电路图进行识读,通过大量经典电路图的识读分析,来巩固电路图的识读技能。

12.1 从“小家电产品中的实用电路”入手锻炼识图技能



小家电产品在人们日常生活中随处可见,如饮水机、电风扇、电热水壶、洗衣机、转叶扇、电磁炉、电饭煲等。下面我们将以小家电产品中的实用电路为例,对电路特点、识图技巧和识读过程进行详细介绍,使读者的识图能力得到锻炼。

12.1.1 轻松搞定对典型饮水机电路的识读分析



饮水机是对桶装饮用水进行加热或制冷,以方便人们饮用的一种小家电产品,相比其他小家电而言,饮水机电路的结构较为简单,也容易识读。

图12-1所示为典型饮水机电路的结构。在饮水机电路中可以找到温控器、加热器、

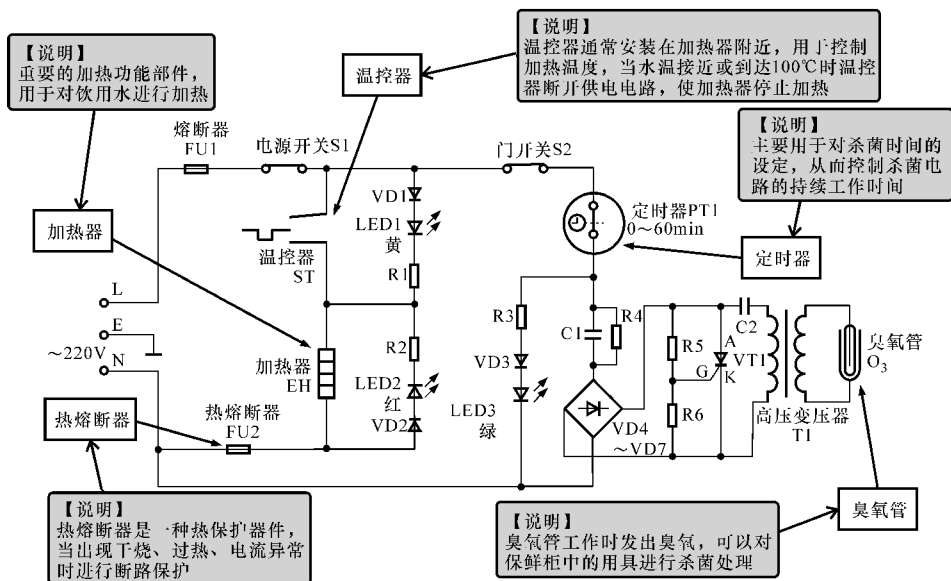


图12-1 典型饮水机电路的结构



定时器、臭氧管（杀菌部件）等部件。

在对饮水机电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对饮水机电路进行识读分析。

图 12-2 所示为澳柯玛饮水机的加热和控制电路的识读分析。该电路主要由熔断器 FU1、热熔断器 FU2、温控器 ST、加热器 EH 以及发光二极管等组成。

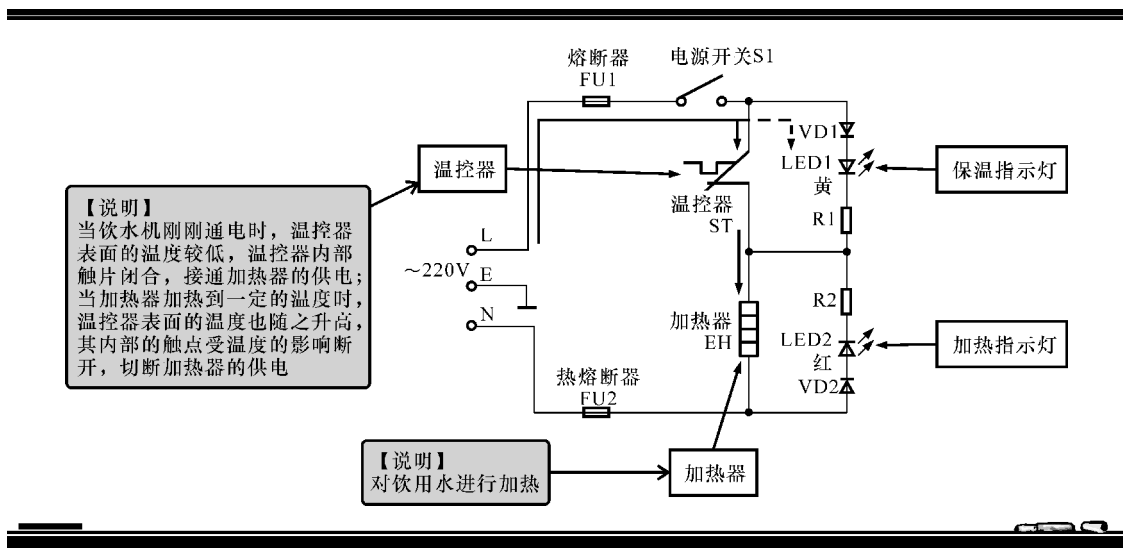


图 12-2 澳柯玛饮水机的加热和控制电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：电源开关 S1 闭合后，交流 220V 电源由电源的 L（相线）端送往温控器。当饮水机刚刚通电时，温控器表面的温度较低，温控器内部触片闭合，接通加热器的供电。交流 220V 经温控器后为加热器进行供电，使加热器对饮用水加热，此时加热指示灯 LED2 红灯被点亮。

当加热器加热到一定的温度时，温控器 ST 表面的温度也随之升高，其内部的触点受温度的影响断开，切断加热器的主供电电路。交流电压经 VD1、LED1、R1 及加热器 EH 形成回路，于是保温指示灯 LED1 发光，由于此时电流很小，加热器 EH 发热很小，用于进行保温工作。

12.1.2 轻松搞定对典型电风扇电路的识读分析



电风扇是夏季用于增强室内空气的流动，使人体皮肤散热加快，起到清凉降温作用的一种家用设备。电风扇产品类型多样，但电路结构及原理有很多相同之处，比较容易识读。

图 12-3 所示为典型电风扇电路的结构。在电风扇电路中可以找到摇头开关、摇头电动机、起动电容器、调速开关、风扇电动机等部件。

在对电风扇电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对电风扇电路进行识读分析。

图 12-4 所示为典型吊扇电路的识读分析。该电路主要是由电源开关 S1、调速开关、NE555 集成电路、双向晶闸管 VT2、风扇电动机等组成的。

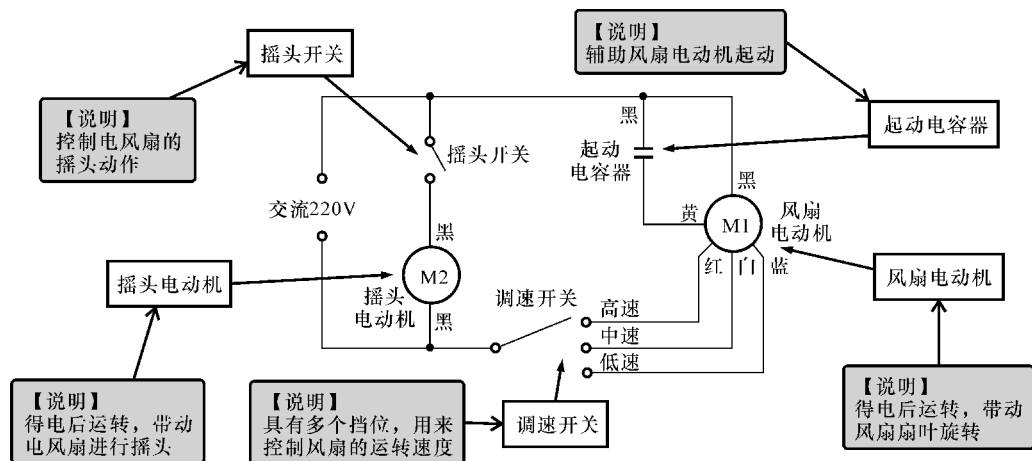


图 12-3 典型电风扇电路的结构

找到了该电路中的主要元器件后, 便可对电路进行识读。通过对电路的分析, 我们可以识读出: 交流 220V 电压经 C1 降压、VD 整流、C2 滤波、VS 稳压后输出约 12V 的直流电压。12V 电压经调速开关 S2 加到 NE555 时基电路 IC 的②、⑥脚, S2 位置不同则输入的电平高低也不同, IC 根据输入的电平, 控制③脚输出的电平, 使 VT2 导通程度发生变化, 从而改变电动机 M 的旋转速度。

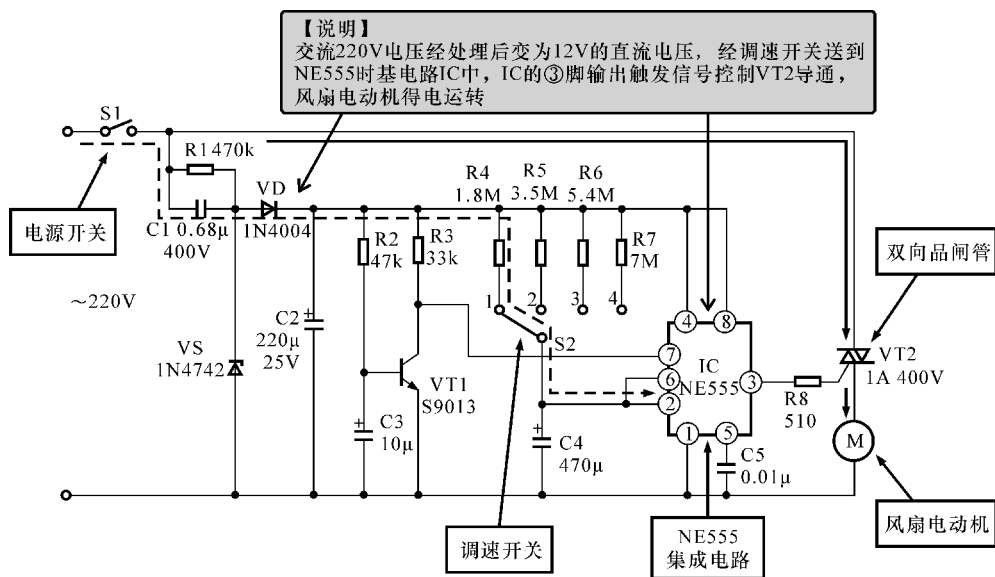


图 12-4 典型吊扇电路的识读分析



12.1.3 轻松搞定对典型电热水壶电路的识读分析



电热水壶是使用电能进行烧水的一种小家电产品，电路中的元器件相对较少，电路也不复杂，识读起来比较方便。

图 12-5 所示为典型电热水壶电路的结构。在电热水壶电路中可以找到蒸汽式自动断电开关、温控器、热熔断器、加热器等部件。

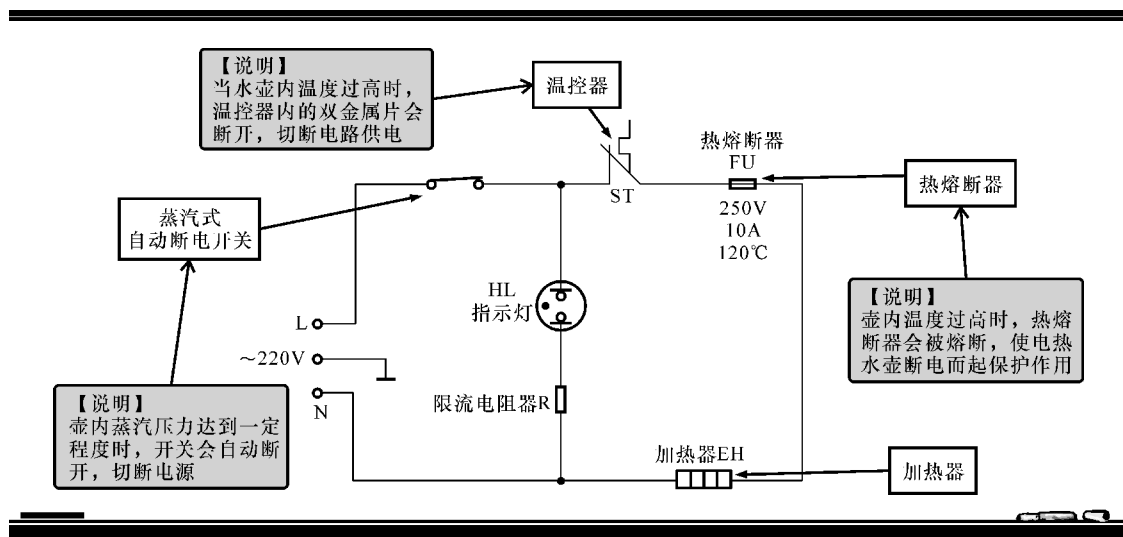


图 12-5 典型电热水壶电路的结构

在对电热水壶电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对电热水壶电路进行识读分析。

图 12-6 所示为典型电热水壶电路的识读分析。该电路主要由热熔断器 FU、温控器 ST、煮水加热器 EH1、保温加热器 EH2、选择开关 SA 以及发光二极管等组成。

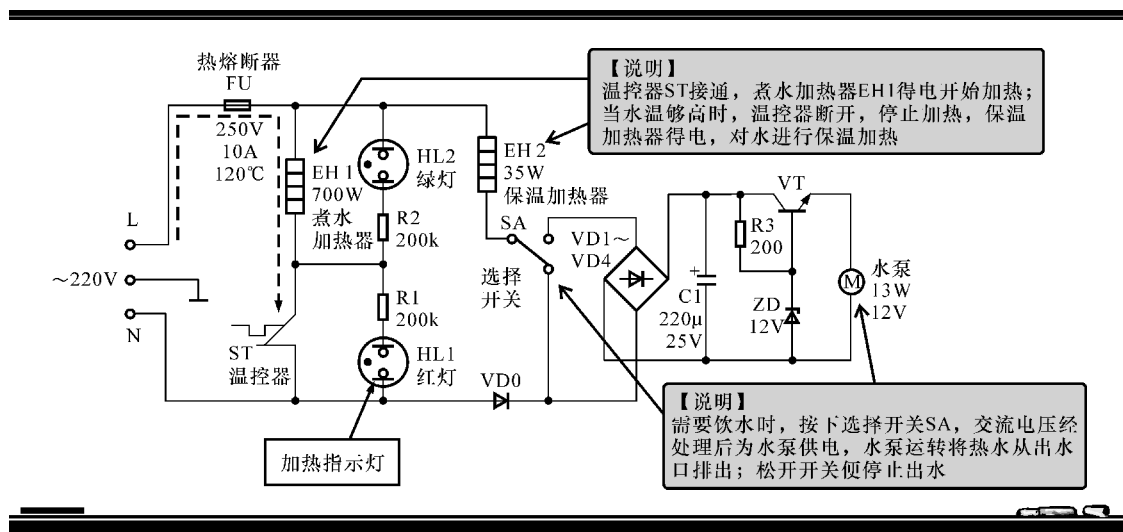


图 12-6 典型电热水壶的加热和控制电路的识读分析



找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:交流 220V 电压为电热水壶供电,闭合温控器 ST,煮水加热器 EH1 通电开始加热;当水的温度达到一定程度(水开了),温度控制器 ST 自动断开,停止为煮水加热器供电。此时,保温加热器两端由半波整流二极管 VD0 供电,由于保温加热器所产生的能量只有煮水加热器的 1/20,因此只起到保温的作用。

若电热水壶中水的温度降低了,温度控制器 ST 又会自动接通,继续加热,始终使水温保持在 90℃ 以上。

饮水时,操作选择开关 SA,使交流电源经过保温加热器,给桥式整流电路 VD1 ~ VD4 供电,经整流后变成直流电压,并由电容器 C1 平滑滤波。滤波后的直流电压,经稳压电路变成 12V 的稳定电压,加到水泵电动机上,电动机起动,驱动水泵工作,热水自动流出。

12.1.4 轻松搞定对典型全自动洗衣机电路的识读分析



洗衣机是一种通过电动机将电能转换为机械能,并依靠机械作用来洗涤衣物的机电一体化产品,它代替了千百年来人们一直沿用的手搓、棒击、冲刷、甩打等洗衣方式,把人们从繁重的手动洗衣劳动中解放出来。全自动洗衣机电路结构比较复杂,识读时要仔细、谨慎。

在对全自动洗衣机电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对全自动洗衣机电路进行识读分析。图 12-7 所示为海尔 XQB5-A 型全自动洗衣机的识读分析。

该电路主要由电源电路和控制电路组成,主要包括微处理器、晶体 X1、降压变压器 T1、桥式整流堆 DB1、双向晶闸管 TR1 ~ TR5、排水电磁阀、进水电磁阀、洗涤电动机等元器件和部件。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:按下电源开关后,交流 220V 电压一路经限流器 SF、降压变压器 T1、桥式整流堆 DB1 和稳压电路为微处理器(CPU)的⑳脚提供 5V 电压。另一路交流电压直接为电磁阀和电动机供电。

由操作显示电路为 CPU 发送人工指令,CPU 驱动发光二极管显示工作状态;根据程序对进水电磁阀、电动机等进行控制。微处理器的⑮ ~ ⑰、㉑脚输出控制信号,信号经三极管放大后,触发双向晶闸管导通,进而被控制部件得电工作。

12.1.5 轻松搞定对典型转叶扇电路的识读分析



转叶扇是电风扇的一种,该产品除了风扇可以转动外,风扇外罩上的转叶也可转动,转叶扇功能较多,因此电路结构比较复杂,识读时要注意部件之间的关系。

在对转叶扇电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对转叶扇电路进行识读分析。图 12-8 所示为长城 KYT11-30 型转叶扇电路的识读分析。

该电路主要由电源开关 S1、集成芯片 IC、晶体 B、发光二极管 LED1 ~ LED12、操作按键 S2 ~ S6、双向晶闸管 VS1 ~ VS4、电动机 M1 和 M2 等组成。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:交流 220V 电源送入风扇后,相线端(L)经由电源开关 S1、熔断器 FU1 后送入由电阻 R1 和 C1 构成的降压电路中进行降压。降压后的交流电源,由 VD1 进行整流,再由电容器 C2 滤波、VD2 稳压、C3 滤波输出 +3V 电压,为集成芯片 IC 供电,交流输入零线(N)端接地。

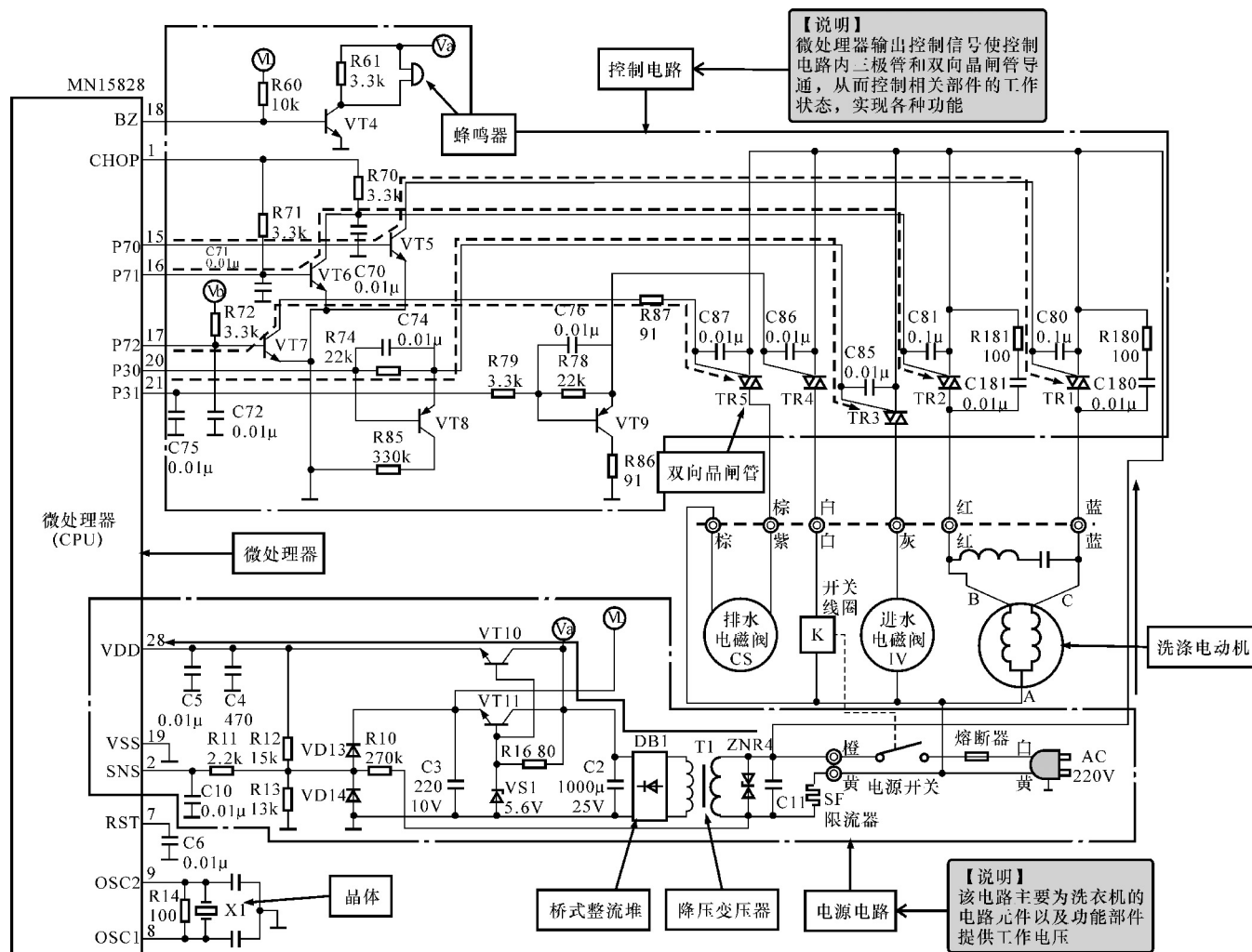


图 12-7 海尔 XQB5 - A 型全自动洗衣机的识读分析

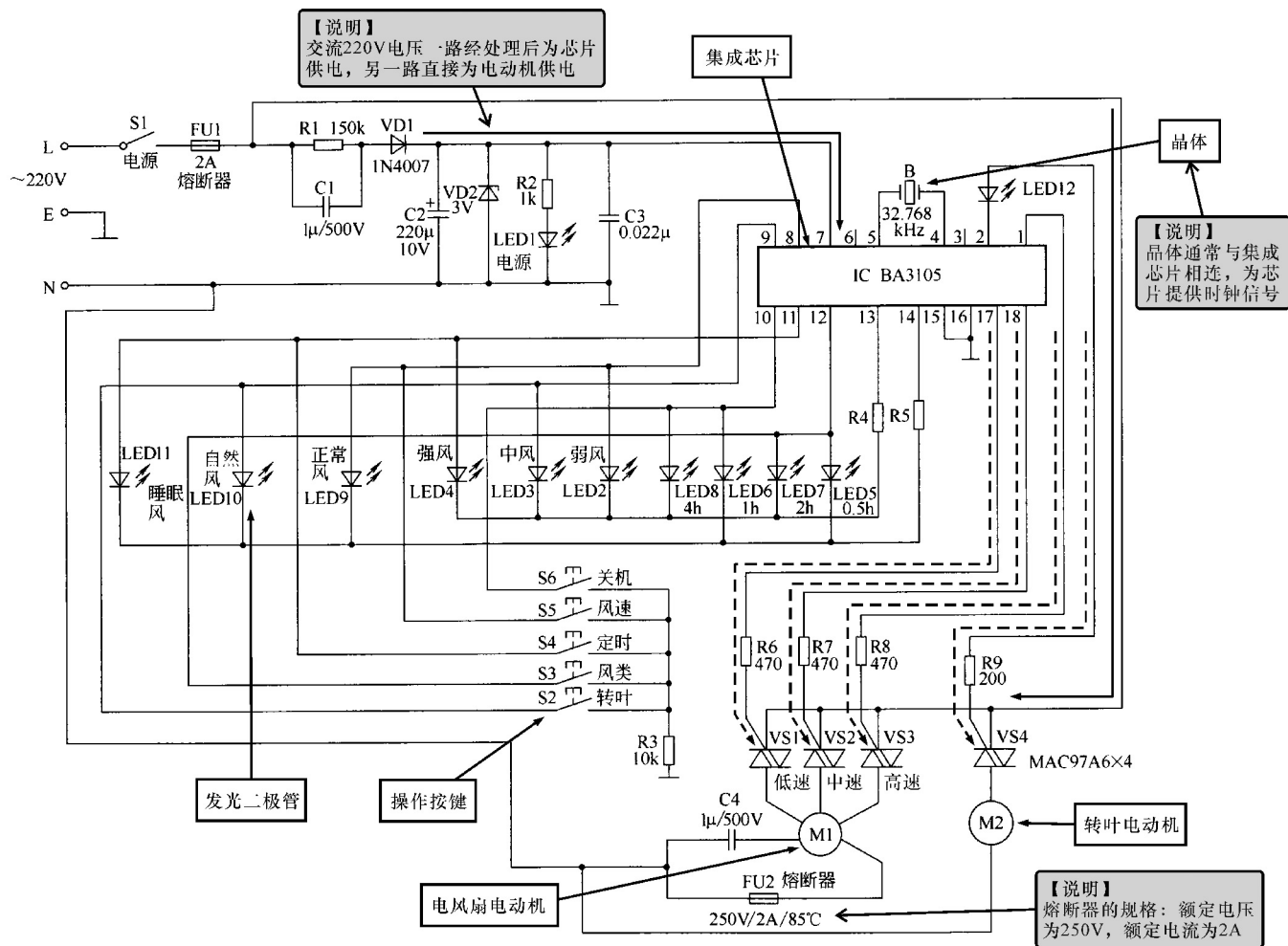


图 12-8 长城 KYT11-30 型转叶扇电路的识读分析



根据电路结构,可以识读出集成芯片 IC 的⑦脚为电源供电端;④脚、⑤脚外接晶体,并与集成芯片形成 32.768kHz 的晶振信号,作为芯片的时钟信号。

操作按键 S2 ~ S6 为人工操作按键。按某一键时,给控制器 IC 提供相应的指令信号,按键引脚经 10k Ω 电阻器 (R3) 接地,这些键分别表示相应的操作功能。

当按下其中某一按键时,集成芯片 IC 相应的引脚变为低电平,在芯片内经引脚功能的识别后,会使相应的引脚输出控制信号,从而控制电风扇电动机和转叶电动机的起、停及转速等。

当按下操作开机键后,集成芯片 IC1 的⑰、⑱、①脚,其中会有一脚输出触发脉冲,使被控制的晶闸管导通,风扇电动机得电旋转。

当晶闸管 VS1 导通时控制电风扇电动机低速绕组供电,SV2 导通时控制电风扇电动机中速绕组供电,VS3 导通时控制电风扇电动机高速绕组供电,以此可以控制电风扇电动机转速。

当集成芯片 IC 的②脚输出触发信号,使 VS4 导通时,则转叶电动机旋转。

集成芯片 IC 控制发光二极管的工作状态,如按下风速按键使风扇处于强风(高速)状态时,集成芯片 IC 的⑪脚保持高电平,⑬脚为低电平,则强风指示灯点亮。

12.1.6 轻松搞定对典型电磁炉操作显示电路的识读分析



电磁炉的操作显示电路是整机的人机交互部分,通过该电路用户可对电磁炉进行控制,并且通过显示屏可了解到电磁炉的工作状态、运行时间等。电磁炉的操作显示电路结构并不复杂,了解主要部件的功能后,很容易识读出电路的工作流程。

在对电磁炉电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对电路进行识读分析。图 12-9 所示为格兰仕 C16A 型电磁炉操作显示电路的识读分析。

该电路主要由操作按键(微动开关)、指示灯、移位寄存器以及外围元器件等构成。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:当按下操作显示面板上的火锅按键(SW7)时,移位寄存器的⑥脚输出的信号就会通过该按键输送到数据连接线的⑧脚上,数据连接线将接收到的信号作为人工指令信号送给微处理器 MCU。

微处理器 MCU 接收到人工指令后,输出控制电磁炉的指令和工作状态信号。微处理器经过数据连接线 CN1 的①、④、⑥、⑦脚送出控制三极管 Q1、Q2、Q3 和集成电路 IC1 的脉冲的信号,CN1 的⑥脚送出的信号输送给移位寄存器的数据输入端的①脚和②脚。

移位寄存器 IC1 对于送来的信号进行移位处理,然后经③~⑥、⑩~⑬脚输出不同时序的并行脉冲信号,其中③~⑥脚与开关 SW4 ~ SW7 构成人工指令输入电路,三极管 Q1 ~ Q3 与 IC1 构成发光二极管显示电路。

12.1.7 轻松搞定对典型电饭煲电源电路的识读分析



电饭煲的电源电路主要为电饭煲中的加热器、控制电路等提供工作电压,维持电饭煲的正常工作状态。电饭煲电源电路结构比较简单,识读时要明确主要部件的功能以及连接关系,才能顺利识读出供电的走向。

在对电饭煲电源电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对电饭煲电源电路进行识读分析。图 12-10 所示为典型电饭煲电源电路的识读分析。

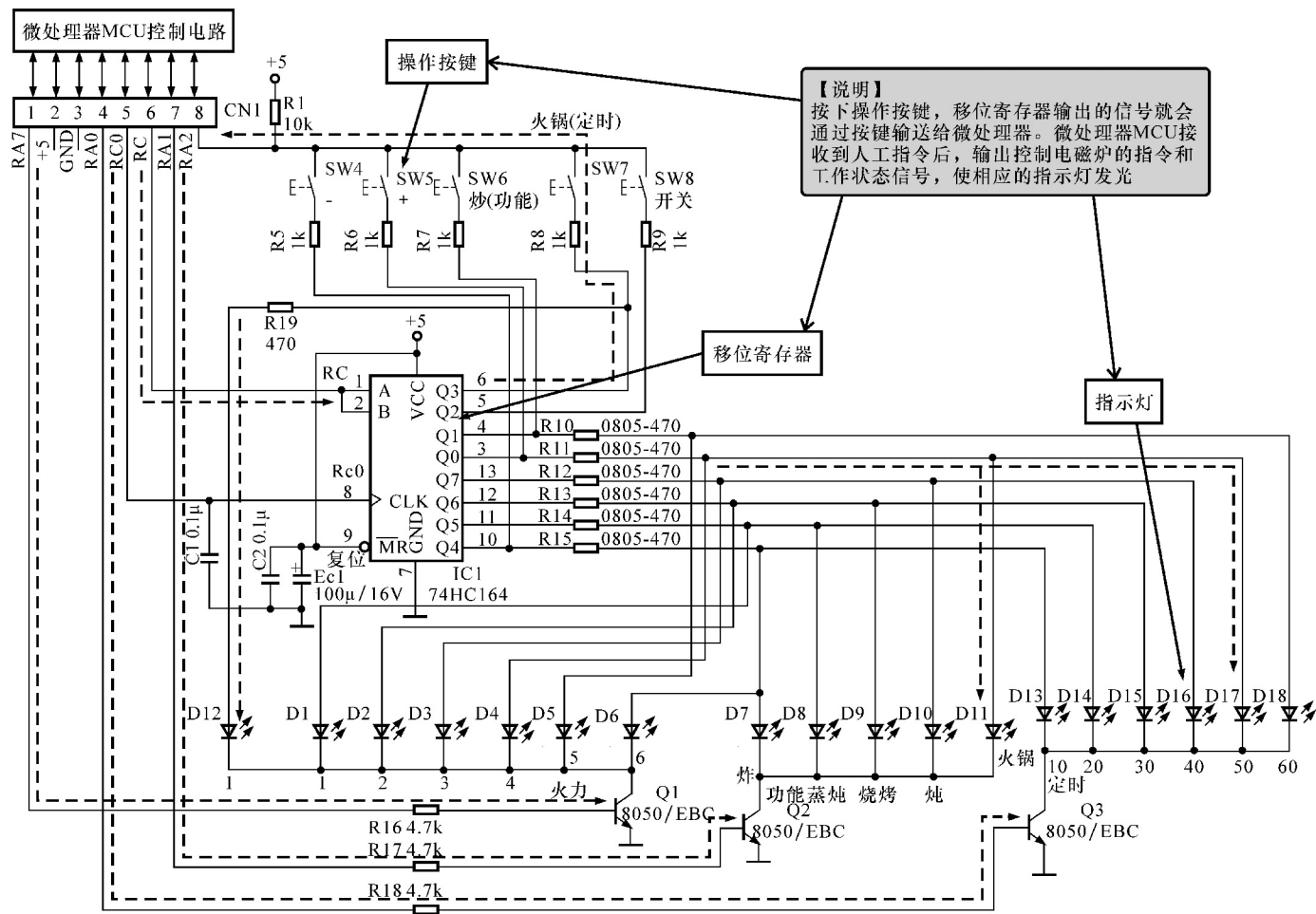


图 12-9 格蘭仕 C16A 型电磁炉操作显示电路的识读分析

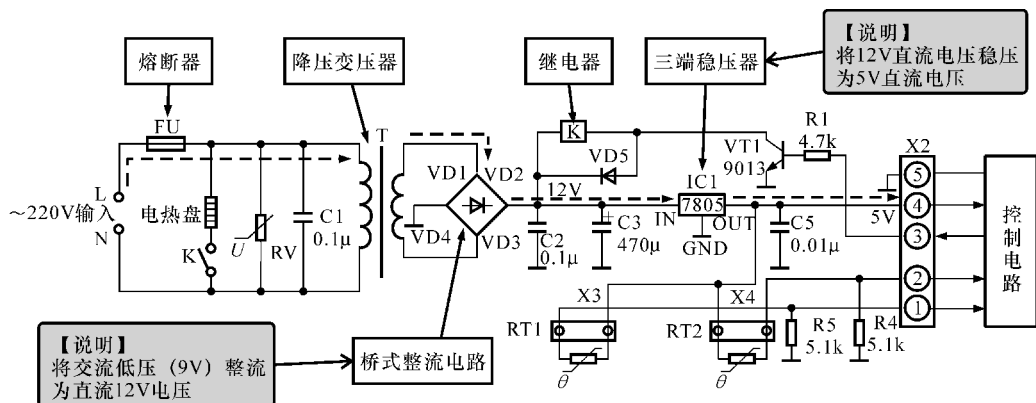


图 12-10 典型电饭煲电源电路的识读分析

该电路主要由熔断器 FU、电热盘（加热器）、降压变压器 T、桥式整流电路 VD1 ~ VD4、滤波电容器、三端稳压器 IC1、继电器 K 等组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：交流 220V 市电送入电饭煲电路后，通过熔断器 FU 将交流电输送到电源电路中，电热盘（加热器）由交流 220V 供电，受继电器触点 K 的控制。

当交流 220V 进入到电源电路中，经过降压变压器 T 降压后，输出 9V 交流低压。9V 交流低压经桥式整流电路（VD1 ~ VD4）整流、滤波电容 C2 滤波后变为直流 12V 电压。12V 电压经三端稳压器后输出 +5V 的稳定电流电压，并通过插件 X2 送往后级电路中。

12.2 从“家庭影音产品中的实用电路”入手锻炼识图技能



随着数字技术的发展和人们生活水平的提高，与人们生活相关的家庭影音产品得到了迅速的发展，如 MP3、MP4、影碟机、汽车音响等产品。下面我们将以家庭影音产品中的实用电路为例，对电路特点、识图技巧和识读过程进行详细介绍，使读者的识图能力得到锻炼。

12.2.1 轻松搞定对小型数码影音产品的 FM 收音电路的识读分析



FM 收音电路就是用来接收广播信号的电路，其核心电路部分通常为 FM 收音芯片，在识读时可根据其接收广播信号的过程来进行分析，将电路简单化，最终完成对 FM 收音电路的识读。

图 12-11 所示为典型 MP3 播放器 FM 收音机电路的识读分析。该电路主要由 FM 收音电路芯片 JFR-104 以及电阻器、电容器、电感器等外围元器件组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：在收音状态时，天线收到的调频广播节目信号送到 JFR104 的①脚，该信号是广播电台发射的射频载波。在 JFR104 芯片中进行高放、混频、中放、鉴频等处理，解调出音频信号。

解调后的音频信号由④、③脚送到 CPU 和解码器电路中进行处理，JFR104 的⑩脚和⑨脚接



收来自主芯片的控制数据信号、时钟信号。来自 CPU 的收音控制信号加到供电场效应晶体管 VT1 的栅极, 通过 VT1 控制加给 JFR104 的电源供电, 从而达到控制收音的目的。

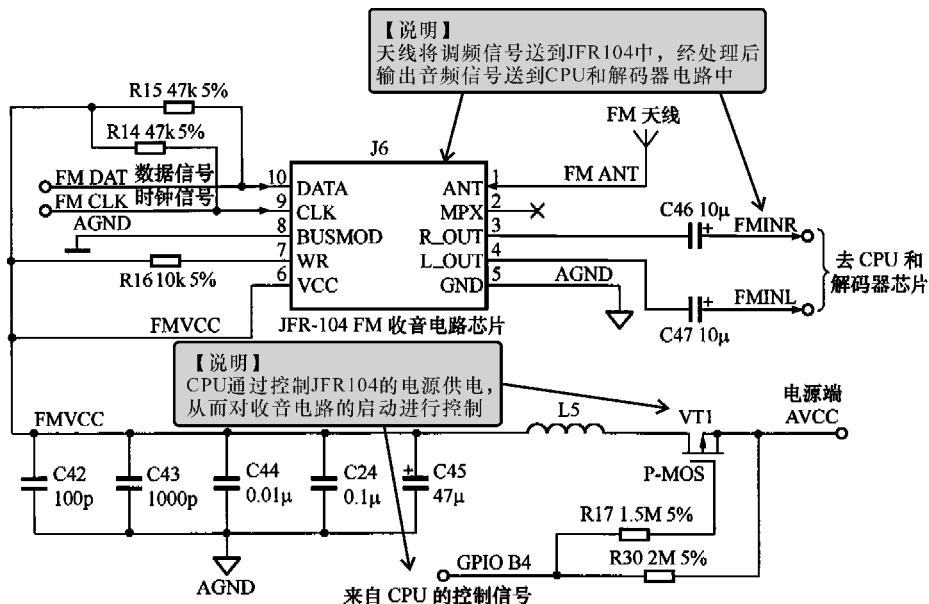


图 12-11 典型 MP3 播放器 FM 收音机电路的识读分析

12.2.2 轻松搞定对小型数码影音产品的音频 D/A 转换器电路的识读分析



音频 D/A 转换器电路是将数字音频信号变成模拟音频信号的电路, 在影音产品中十分常见。对该电路进行识读时, 要根据核心芯片的引脚功能和音频信号流程进行分析, 最终完成对音频 D/A 转换器电路的识读。

图 12-12 所示为典型 MP4 播放器音频 D/A 转换器电路的识读分析。该电路主要由音频 D/A 转换器 IC1、耳机接口 J1 以及电阻器、电容器等外围元件组成。

找到了该电路中的主要元器件后, 便可对电路进行识读。通过对电路的分析, 我们可以识读出: 由电源电路送来的 +3V 电压送到 IC1 的①、⑩和⑪脚上, 为 D/A 转换器供电。数字音频信号分别加到音频 D/A 转换器的⑥、⑦、⑧脚, 在集成电路内进行 D/A 转换处理, 然后由②、⑬脚输出模拟音频信号, 经接口电路送到耳机中。

CPU 送来的静音控制信号由芯片⑬脚送入, 使 D/A 转换器停止输出音频信号, 达到静音的目的。

12.2.3 轻松搞定对小型数码影音产品的音频信号放大器电路的识读分析



音频信号放大器电路是将音频信号进行功率放大, 用以驱动扬声器或耳机工作的电路, 该电路通常接在音频信号处理电路之后, 在影音产品中十分常见。对该电路进行识读时要根据核心芯片的引脚功能和音频信号流程进行分析, 最终完成对音频信号放大器电路的识读。

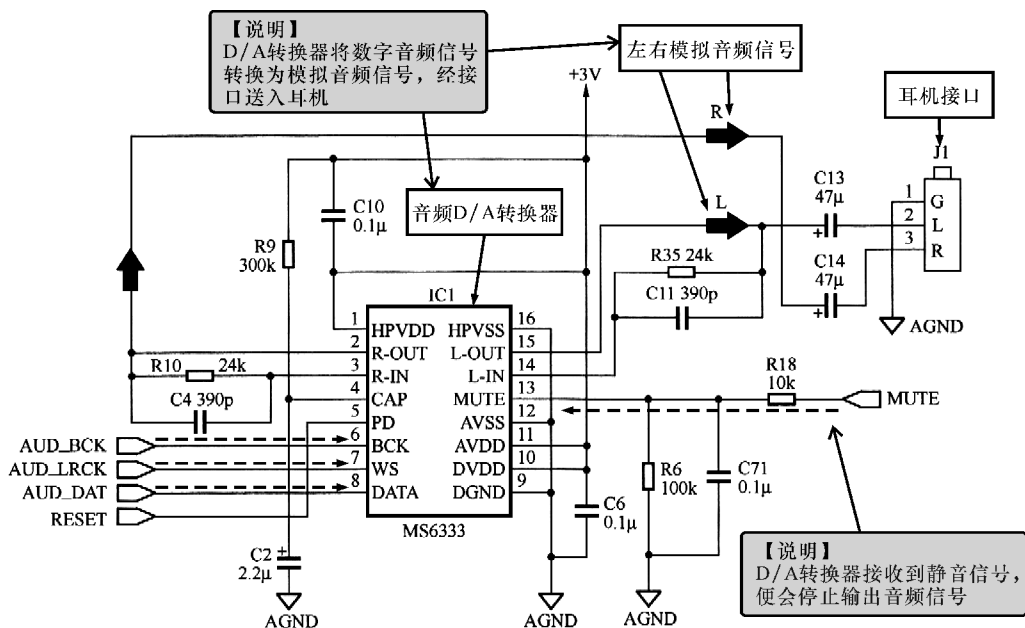


图 12-12 典型 MP4 播放器音频 D/A 转换器电路的识读分析

图 12-13 所示为双声道立体声音频功率放大器电路的识读分析。该电路主要由音频功率放大器 U1、左右扬声器以及电阻器、电容器、电感器等外围元件组成。该电路主要应用于小型数码影音播放器中。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：立体声音频信号（L、R）分别从 U1 的⑧、①脚输入，经内部的双声道功率放大后分别由④、⑦和⑪、⑭脚输出去驱动两个扬声器工作。

U1 的⑩脚为静音控制端，该脚有静音信号输入时，电路立即停止输出音频信号。

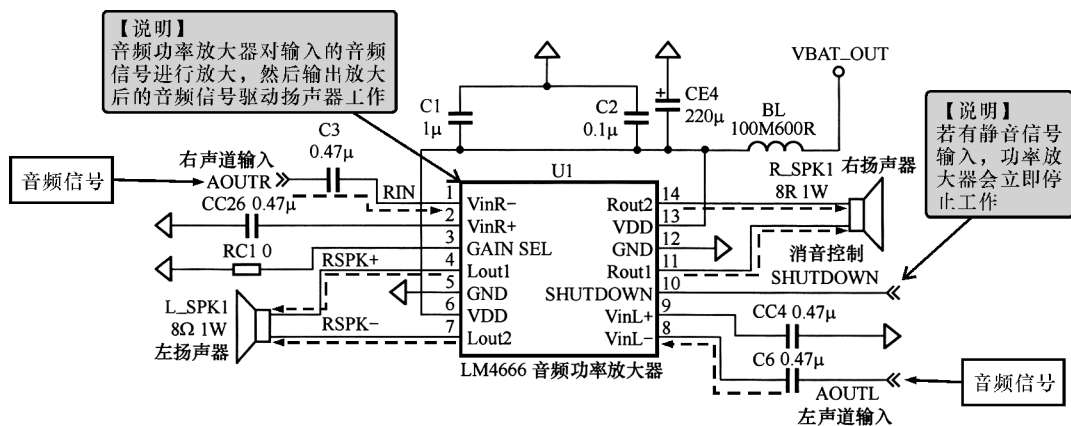


图 12-13 双声道立体声音频功率放大器电路的识读分析



12.2.4 轻松搞定对小型数码影音产品的耳机驱动电路的识读分析



小型数码影音产品基本都配有耳机接口，用以连接耳机，耳机驱动电路就是将音频信号传输到耳机接口上的电路。对该电路进行识读时，要根据音频信号走向进行分析，最终完成对耳机驱动电路的识读。

图 12-14 所示为具有消音功能的耳机驱动电路的识读分析。该电路主要由耳机接口 JP1、消音管 Q1、Q2 以及外围元件等组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：来自数字信号处理电路的 L、R 音频信号经电阻器 R8、R9 送到耳机接口，Q1、Q2 场效应晶体管的漏极分别接到 L、R 信号的输入线上，当控制电路送来消音信号时，Q1、Q2 导通，将 L、R 音频信号短路到地，无信号输出，小型数码影音产品处于静音状态。

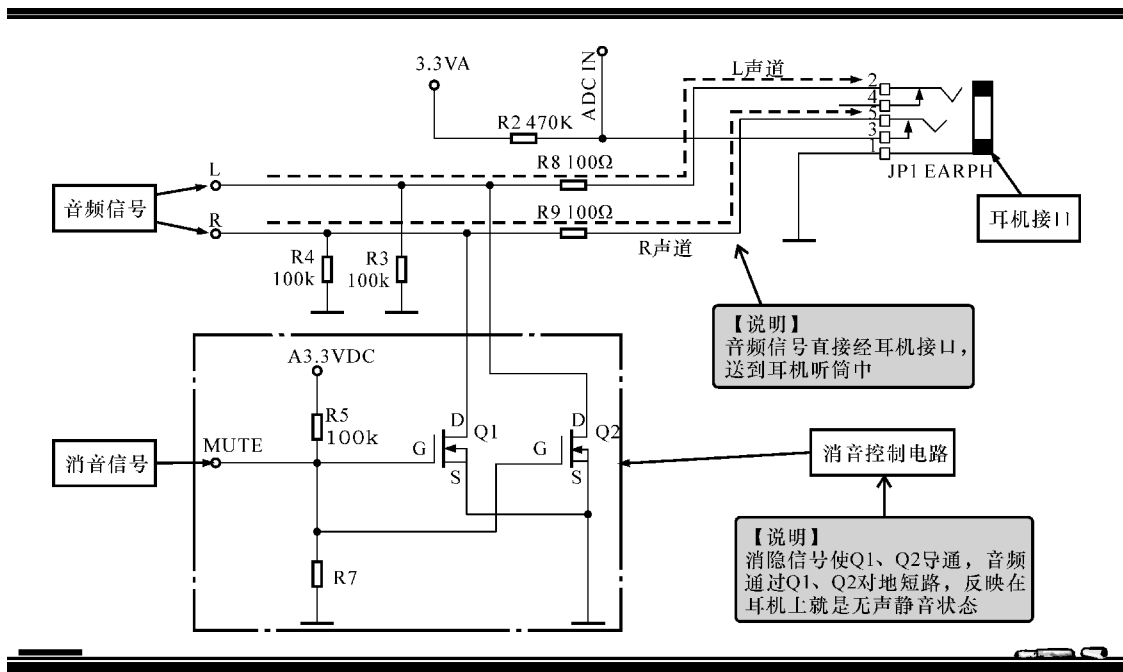


图 12-14 具有消音功能的耳机驱动电路的识读分析

12.2.5 轻松搞定对小型数码影音产品的话筒放大电路的识读分析



话筒放大电路用来对话筒输入的语音信号进行放大，方便后一级电路对语音信号进行处理。对该电路进行识读时，要根据输入的语音信号走向进行分析，最终完成对话筒放大电路的识读。

图 12-15 所示为小型播放器话筒放大电路的识读分析。该电路主要由两级运算放大器 (U3B/A)、耦合电容器 C17、话筒 M2、内录接口 J1 以及外围元器件等组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当要录制语音时，话筒将接受的语音信号变为电信号，经放大器放大后，通过内录接口送往录音信号处理电路（数字处理电路）。



当需要录制外部音频设备的音频信号时，外部音频设备的输出线路接到录音接口上，当插入接口输入信号插头时，会自动切断话筒信号的通道，只有拔下插头，才能通过话筒录制语音信号。

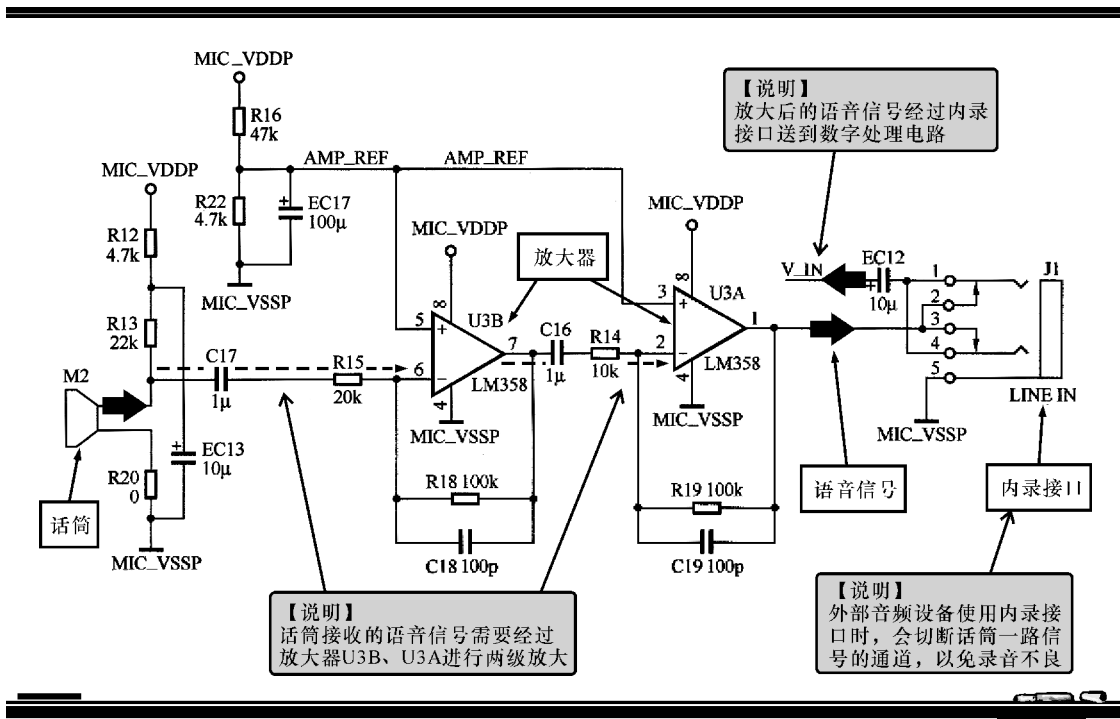


图 12-15 小型播放器话筒放大电路的识读分析

12.2.6 轻松搞定对汽车音响功放电路的识读分析



汽车音响的功放电路主要用来放大由收音电路或 CD 电路送来的模拟音频信号，再将放大到足够功率的音频信号去驱动扬声器发声。一般情况下，汽车音响中的功放电路是由音量控制电路和音频功率放大器电路组成的。

1. 音量控制电路的识读分析

对音量控制电路进行识读时，根据核心芯片的引脚功能和音频信号流程进行分析，最终完成对音量控制电路的识读。

图 12-16 所示为 JVC KD-S283 型汽车音响的音量控制电路的识读分析，音量控制芯片 IC301 (TEA6320T-X) 可接收由收音电路或 CD 电路送来的音频信号，并进行音量控制或声道变换处理。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：音量控制芯片 IC301 的③脚为 9V 直流电压供电端，①脚和②脚接收由微处理器送来的 I²C 总线控制信号，进行音量和声道的控制。

音量控制电路 IC301 的⑩、⑪脚接收由 CD 电路送来的模拟音频信号，⑮、⑯脚接收由收音电路送来的模拟音频信号，汽车音响在工作状态时，会根据人工选择的工作模式，选择输入模拟音频信号的信号源，并对其进行音量调整和高低音的控制。

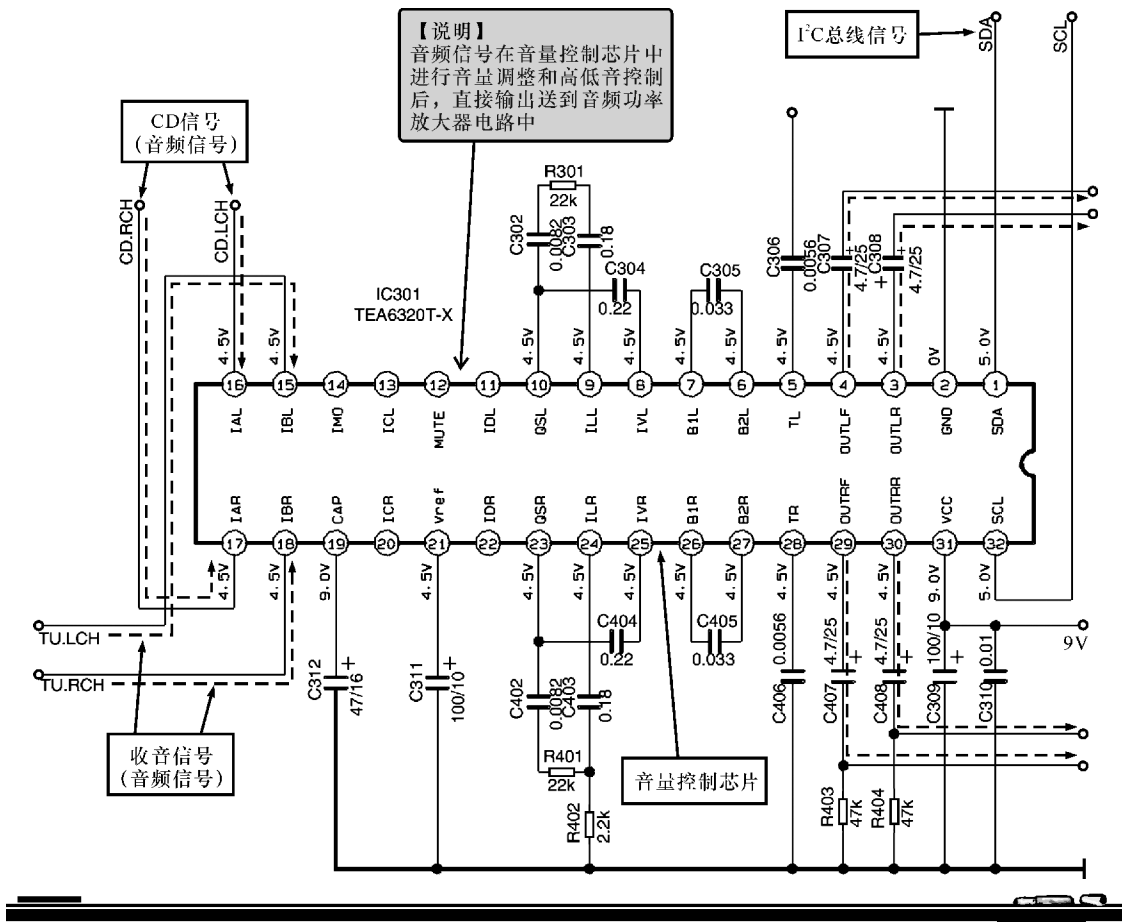


图 12-16 JVC KD-S283 型汽车音响的音量控制电路的识读分析

处理后的音频信号分别由③脚和④脚、②⑨脚和③⑩脚输出两组模拟音频信号，送往音频功率放大器中。



【注意】

图 12-17 为音量控制芯片 TEA6320T 的内部功能框图。在进行识图分析时常需借助集成电路功能框图, 了解芯片的内部结构和引脚功能等信息, 从而确保读懂电路。从图中可以了解到芯片的内部结构、引脚功能等相关信息。

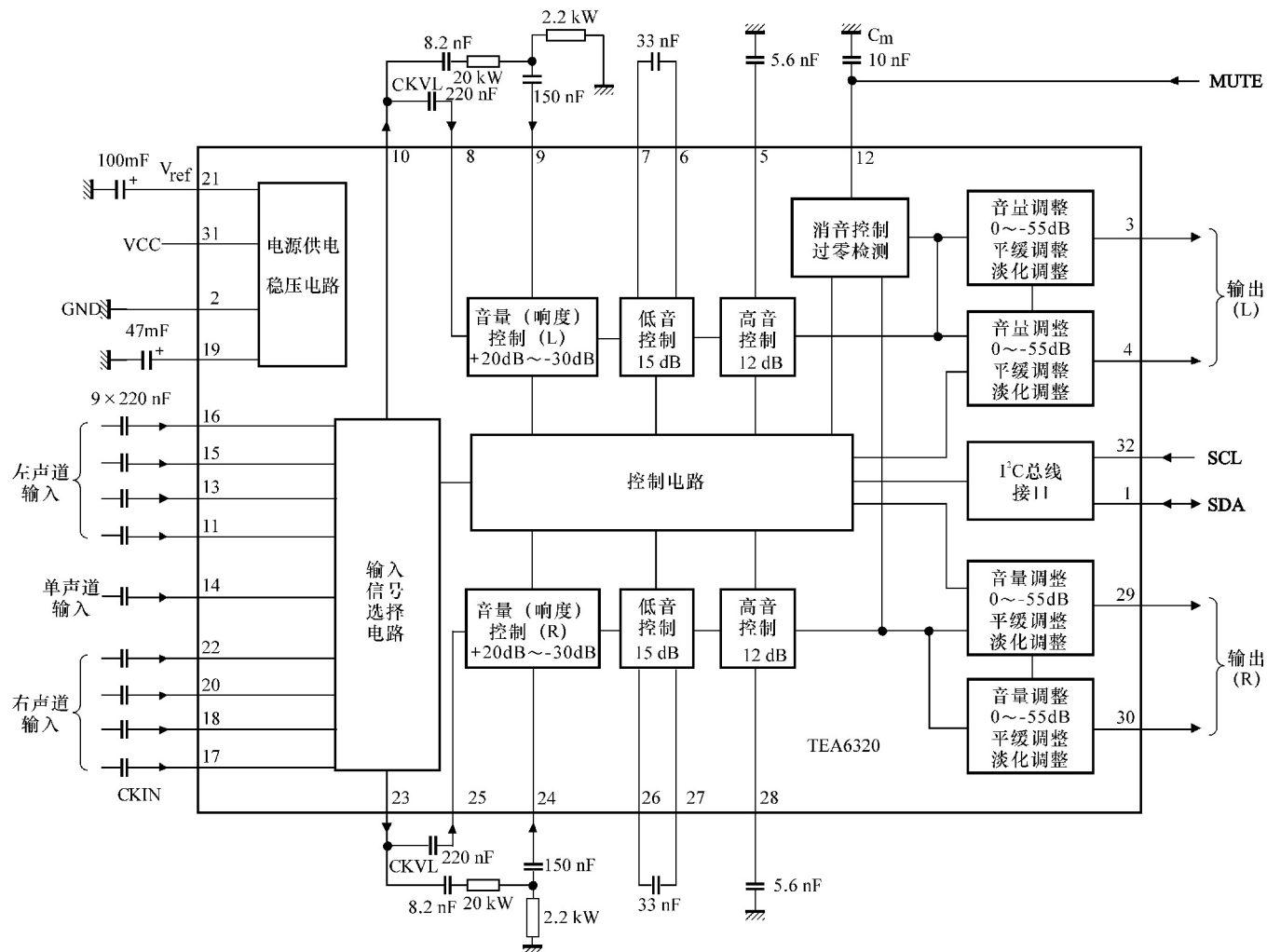


图 12-17 音量控制芯片 TEA6320T 的内部功能框图



2. 音频功率放大器电路的识读分析

对音频功率放大器电路进行识读时, 根据核心芯片的引脚功能和音频信号流程进行分析, 最终完成对音频功率放大器电路的识读。

图 12-18 所示为 JVC KD-S283 型汽车音响的音频功率放大器电路的识读分析, 音频功率放大器 IC321 (LA4743K) 可将音频控制电路送来的音频信号进行放大, 然后去驱动扬声器发声。

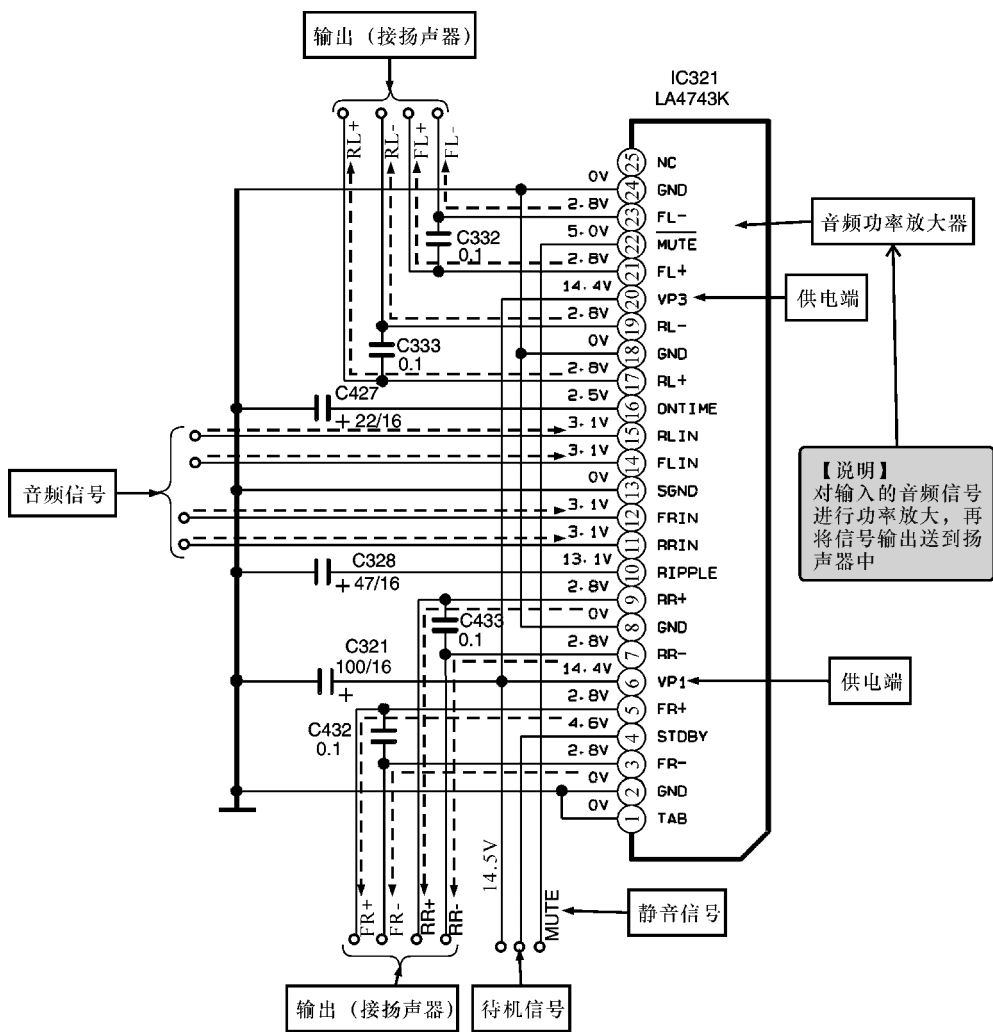


图 12-18 JVC KD-S283 型汽车音响的音频功率放大器电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后, 便可对电路进行识读。通过对电路的分析, 我们可以识读出: 音频功率放大器 IC321 (LA4743K) 的①脚和②脚、⑭和⑮脚接收由音量控制电路送来的模拟音频信号, 经内部电路进行放大后, 输出四路模拟的音频信号, 分别由③脚和⑤脚输出 FR 音频信号, 由⑦脚和⑨脚输出 RR 音频信号, 由⑰脚和⑱脚输出 RL 音频信号, ⑳脚和㉑脚输出 FL 音频信号, 经插件送往扬声器中。

音频功率放大器 IC321 的⑥脚和⑳脚为 14.5V 直流电压供电端, ④脚为开机/待机信号输入



端，②脚为静音控制端。



【注意】

图 12-19 为音频功率放大器 LA4743K 的内部功能框图。从图中可以了解到芯片的内部结构、引脚功能等相关信息。

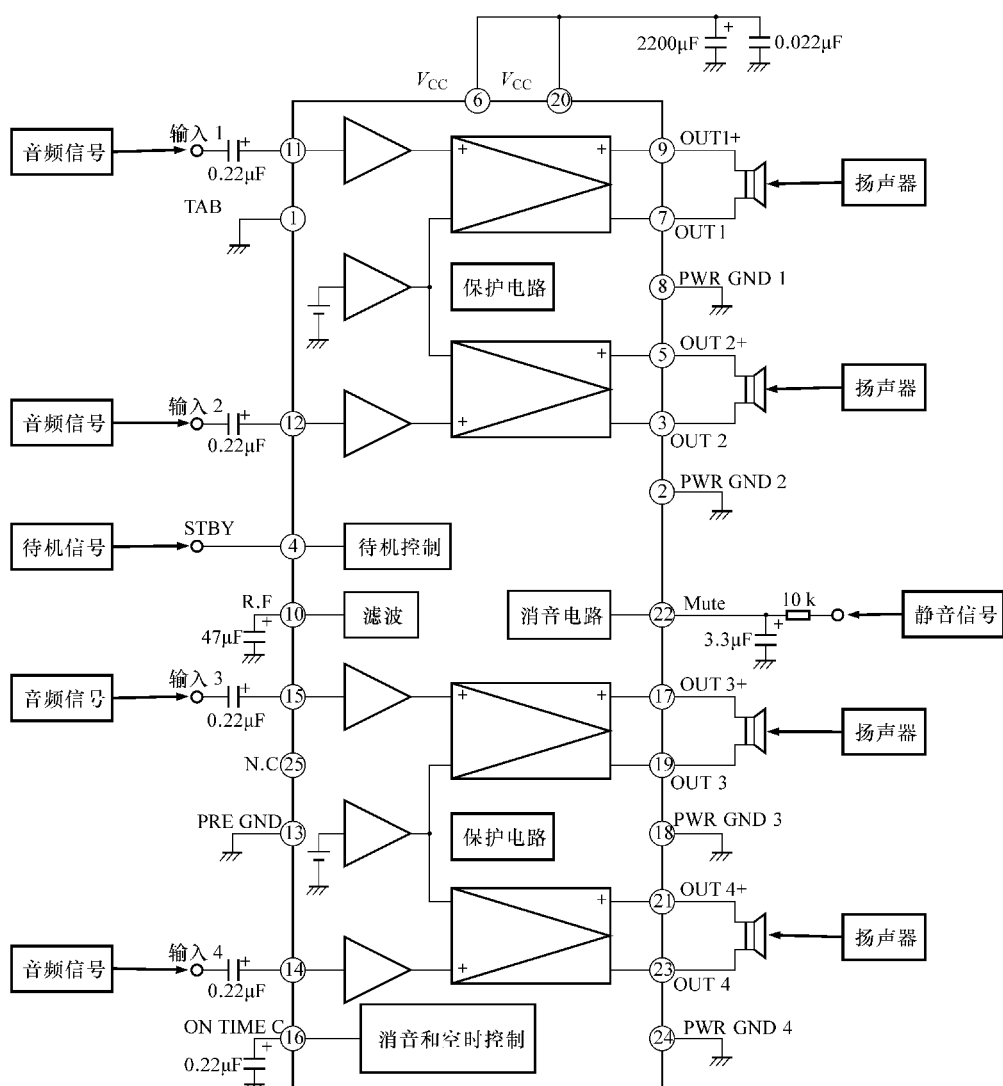


图 12-19 音频功率放大器 LA4743K 的内部功能框图



12.2.7 轻松搞定对 DVD 影碟机 AV 解码电路的识读分析



DVD 影碟机的 AV 解码电路主要用来对音频、视频信号进行处理,对该电路进行识读时,要根据主要元器件的功能和信号流程将电路简单化,理清主要信号流程的走向。

图 12-20 所示为 S830GK 型 DVD 机 AV 解码电路的识读分析。该电路主要由 AV 解码电路 IC8001、程序存储器 IC8651、图像存储器 IC8051 以及外围元器件等组成。

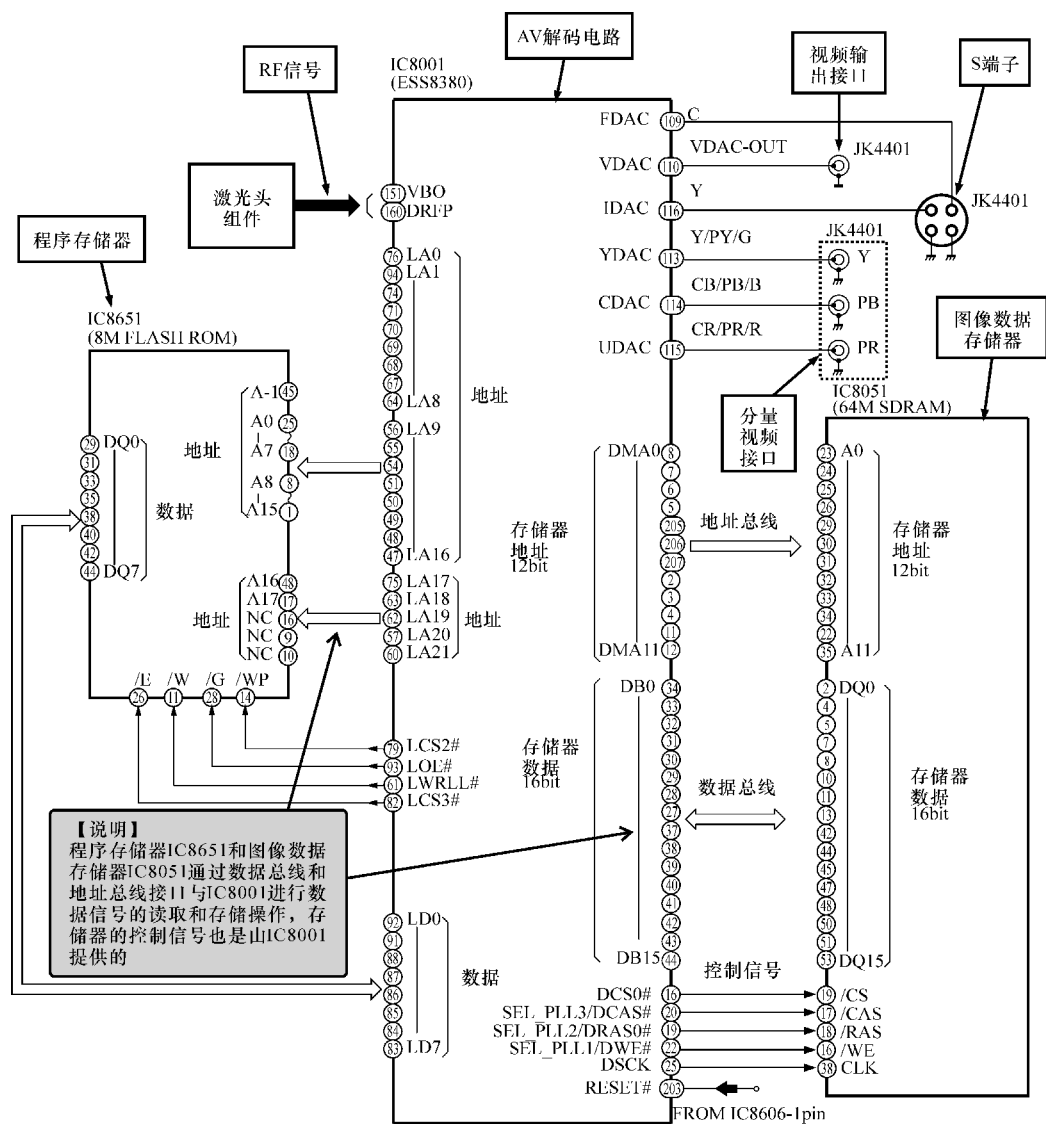


图 12-20 S830GK 型 DVD 机 AV 解码电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:由激光头组件送来的 RF 信号经 AV 解码芯片 IC8001 的⑮、⑯脚送入芯片内部进行解码。AV 解码芯片将处理后的信号经⑩脚输出色度信号、⑪脚输出亮度信号,送往 S 端子接口中;⑩脚输



出复合视频信号，送往视频输出接口中；⑩脚~⑮脚输出分量视频（Y、PB、PR）信号，送往视频输出电路中。

程序存储器 IC8651 和图像数据存储器 IC8051 通过数据总线和地址总线接口与 IC8001 进行数据信号的读取和存储操作，存储器的控制信号也是由 IC8001 提供的。

12.3 从“办公设备中的实用电路”入手锻炼识图技能



办公设备是指在办公室等环境中，辅助工作人员完成扫描、打印、复印等工作的电子产品，这其中最常见的主要有打印机、数码复印机等。下面我们将以办公设备中的实用电路为例，对电路特点、识图技巧和识读过程进行详细介绍，使读者的识图能力得到锻炼。

12.3.1 轻松搞定对激光打印机电源电路的识读分析



电源电路是激光打印机的重要组成部分，它为激光打印机中各功能部件和电路元件提供所需的工作电压，维持整机工作。对于此类电路，要根据电路中一些具有明显特征的元器件进行识读分析。

图 12-21 所示为 HP Laser Jet 6L 型激光打印机电源电路的识读分析。该电路主要由熔断器、

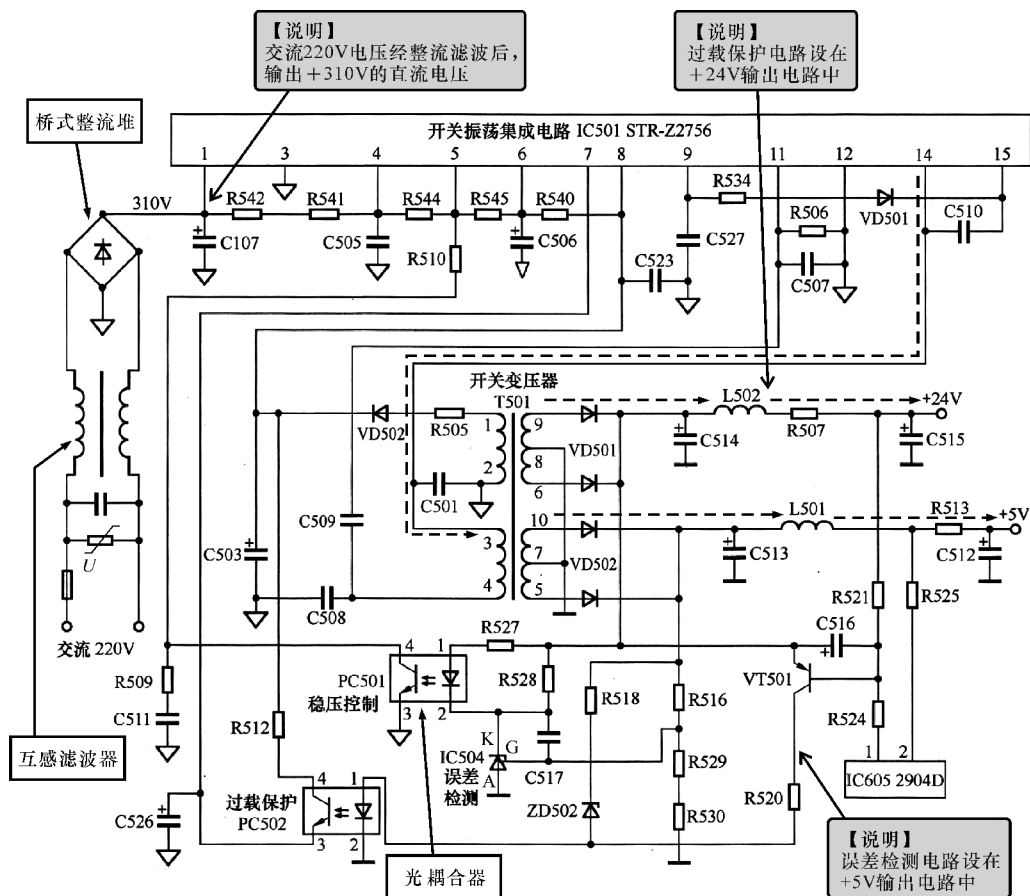


图 12-21 HP Laser Jet 6L 型激光打印机电源电路的识读分析



压敏电阻、互感滤波器、桥式整流堆、开关振荡集成电路 IC501、开关变压器 T501、光电耦合器 PC501 和 PC502 以及外围元件组成的。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：由交流 220V 电压经整流滤波后，输出 +310V 的直流电压。+310V 直流电压加到 IC501 的①脚，为其供电，IC501 起振，产生开关振荡脉冲信号，由⑭脚输出并加到 T501 的初级③~④绕组，驱动 T501。

于是 T501 次级①~②绕组感应出开关脉冲电压，经 R505、VD502 整流、C503 滤波后形成正反馈信号叠加到 IC501 的⑧脚，保持⑧脚有足够的直流电压维持 IC501 中的振荡，使开关电路进入稳定的振荡状态。同时 T501 次级⑥~⑨绕组、⑤~⑩绕组感应出开关脉冲电压，经整流二极管全波整流和 LC 滤波输出 +24V 和 +5V 直流电压。

误差检测电路设在 +5V 输出电路中。+5V 电压经分压电阻器 R516、R529、R530 形成取样点电压，输入到误差检测放大器 IC504 的 G 端。

IC504 的输出端 K 连接到光电耦合器 PC501 的②脚。当 IC504 的 G 端电压上升，K—A 间内阻减小，使流过 PC501 内发光二极管的电流增加，从而使发光二极管的发光强度增强。发光二极管亮度增强后经内部光敏三极管反馈到 IC501 中，限制 IC501 的导通周期，使开关电源的输出自动下降，达到自动稳压的目的。而如果开关电源的输出电压下降，其作用过程相反，使输出的电压自动增加。

过载保护电路设在 +24V 输出电路中，+24V 电压经分压电阻器 R521、R524 形成取样点电压，取样点电压输入到检测三极管 VT501 的基极。当 +24V 负载电路中有过载的情况时，+24V 电压会降低，采样点电压下降，使 VT501 导通，经 PC502 送给 IC501 的⑧脚，电压就会下降，从而使开关振荡电路停振以进行保护。

12.3.2 轻松搞定对针式打印机打印针驱动电路的识读分析



打印针驱动电路是针式打印机的重要组成部分，针式打印机的每个打印针都有一个驱动电路，通过对每个打印针的控制，使针式打印机的打印稿件图文清晰，无漏针。

图 12-22 所示为 24 针打印头中打印针驱动电路的识读分析。该电路主要由限流电阻、驱动三极管、保护二极管、电磁铁线圈以及打印针组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当某个打印针要进行打印动作时，打印针控制芯片会输出高电平，经限流电阻 R 加到驱动三极管的基极，三极管导通，则会有电流流过电磁铁的线圈，磁铁有电流经过时产生磁场，打印针受磁场作用弹出，作用在稿件上。

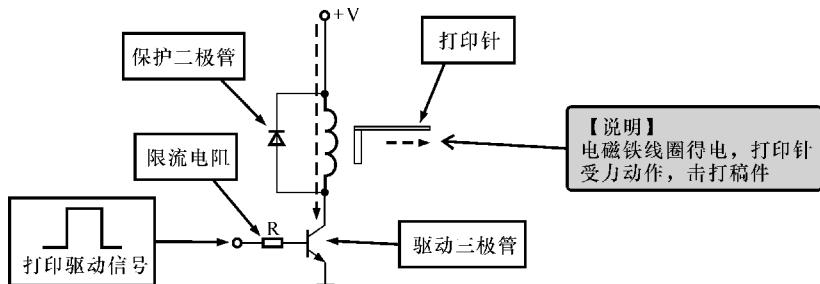


图 12-22 24 针打印头中打印针驱动电路的识读分析



图 12-23 所示为针式打印机打印头驱动控制电路的识读分析。该电路主要由打印针驱动电路、打印针控制芯片、数据处理和逻辑控制电路、微处理器等部分组成。

来自计算机的打印数据和打印指令送到打印机的数据接口电路，经数据接口电路分别将数据信号送至数据处理和逻辑控制电路 MMV E05A10AA，指令信号送至 CPU MPD7810HG。

经处理后，再分别将控制信号和数据信号送至打印针控制芯片 E05A02LA，该芯片有 24 个输出引脚，分别控制打印头中的 24 个打印针的驱动电磁铁，通过电磁铁去驱动打印针进行打印。

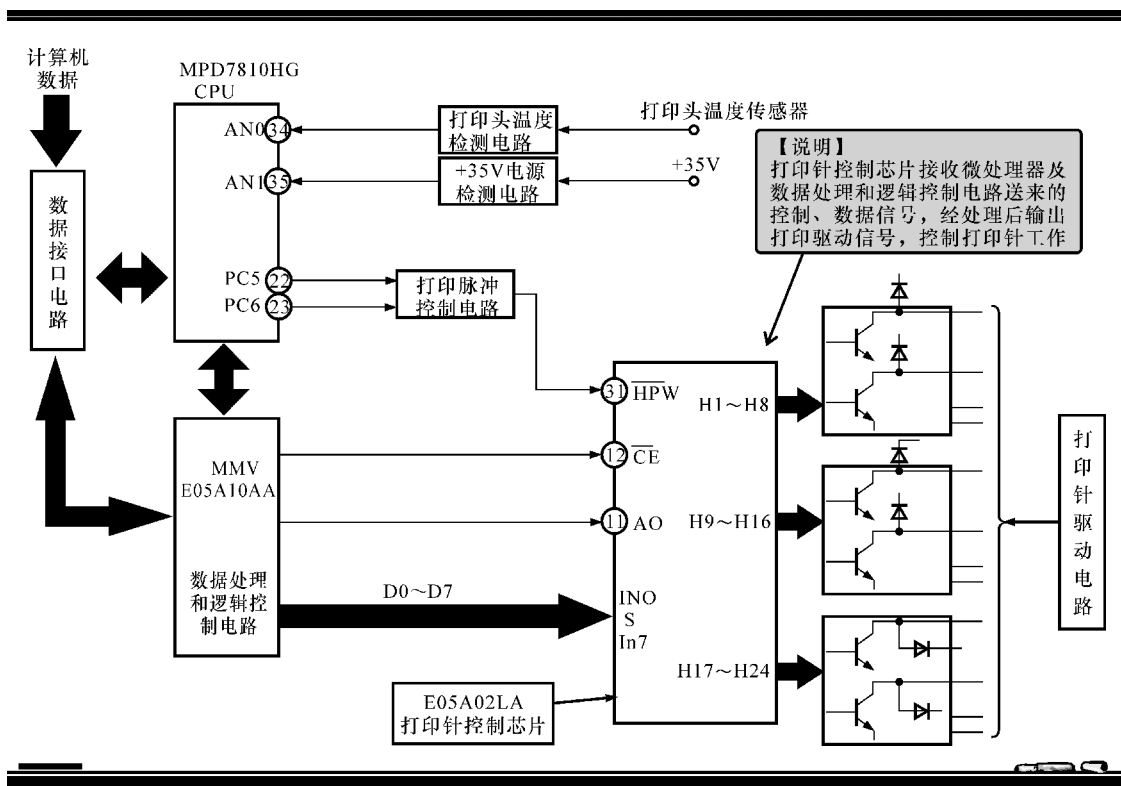


图 12-23 针式打印机打印头驱动控制电路的识读分析

12.3.3 轻松搞定对针式打印机走纸驱动电路的识读分析



走纸驱动电路用来带动针式打印机中的稿件运动，使稿件在打印机中的移动与打印头打印保持同步。在对该电路进行识读时，要在对各功能部件在电路中的作用充分了解后，再对走纸驱动电路的信号流程进行识读分析。

图 12-24 所示为典型针式打印机走纸驱动电路的识读分析。该电路主要由输纸电动机、驱动三极管 Q39 ~ Q42、输纸电动机驱动电路 E05A09BA 等组成的。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：输纸电动机是一种四相驱动方式的电动机，工作时 +35V 电压分别加到两组定子线圈的中心抽头上，每个绕组的输出端 A、B、C、D 分别接到四个三极管 Q39 ~ Q42 的集电极，其中任何三极管导通都会使相应绕组中有电流产生。

输纸电动机控制电路按时间顺序输出高电平脉冲，使 Q39 ~ Q42 按相应顺序导通，这样就使定子线圈产生出旋转磁场，输纸电动机旋转。

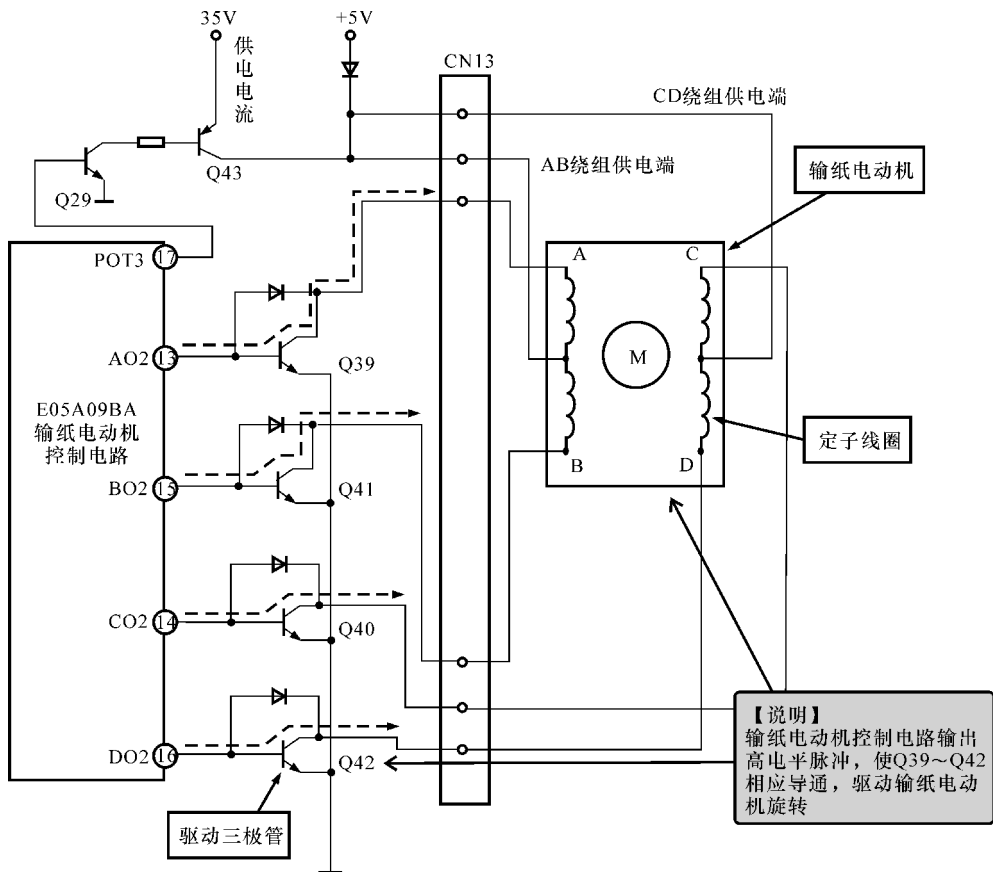


图 12-24 典型针式打印机走纸驱动电路的识读分析

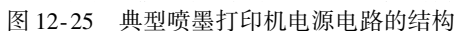
12.3.4 轻松搞定对喷墨打印机电源供电电路的识读分析



喷墨打印机的电源供电电路主要为机器中其他电路和部件提供工作电压，维持整机的正常工作。在对该电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对电源供电电路进行识读分析。

图 12-25 所示为典型喷墨打印机电源电路的结构。该电路主要由熔断器 FU1、互感滤波器 L1、桥式整流电路 VD11 ~ VD14、开关变压器 T1、开关场效应晶体管 VT1、光电耦合器 PC1 和 PC2 等元器件组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读，典型喷墨打印机电源电路的识读分析如图 12-26 所示。通过对电路的分析，我们可以识读出：交流 220V 电压经熔断器 F1、互感滤波器 L1，加到桥式整流堆 VD11 ~ VD14 上，整流后输出约 300V 的直流电压。+300V 电压一路加到开关变压器初级绕组①脚上，经绕组① ~ ②脚接到 VT1 的漏极（D）上。另一路 +300V 还经启动电阻 R17、R18、R28 为 VT1 的栅极（G）提供启动电压，使 VT1 启动（瞬间导通）。



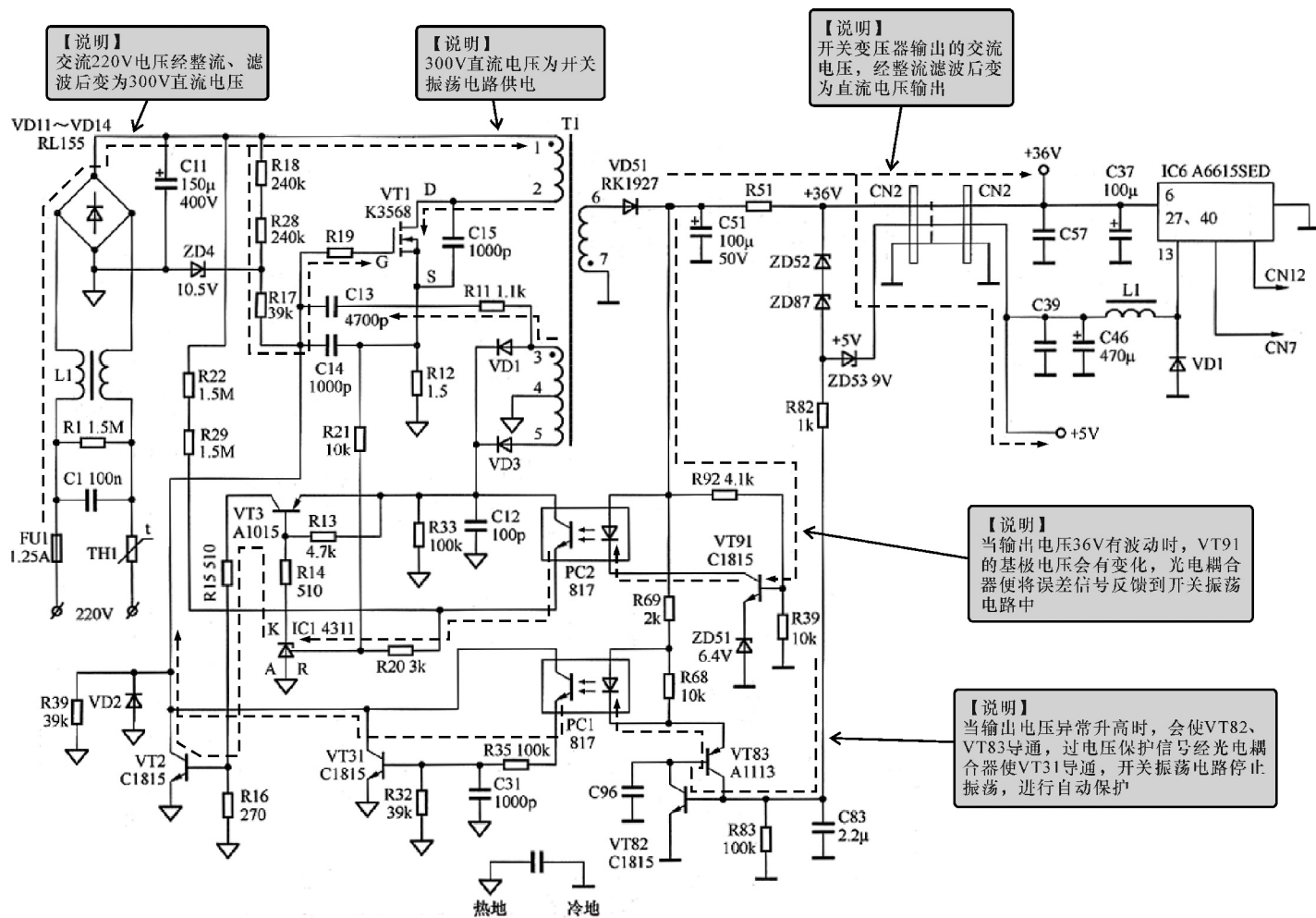


图 12-26 典型喷墨打印机电源电路的识读分析



开关变压器次级绕组③脚输出感应电压,经 R11、C13 反馈到 VT1 的栅极,形成正反馈,使开关电路进入振荡状态。

12.3.5 轻松搞定对数码复印机开关电源电路的识读分析



数码复印机开关电源电路主要为复印机中其他电路和部件提供交流或直流工作电压,维持整机的正常工作。在对该电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对开关电源电路进行识读分析。

图 12-27 所示为典型数码复印机开关电源电路的识读分析。该电路包括整流电路、开关稳压电路、DC 24V 输出电路、DC 5V 输出电路、误差检测电路、过零检测电路和定影加热灯控制电路等部分。

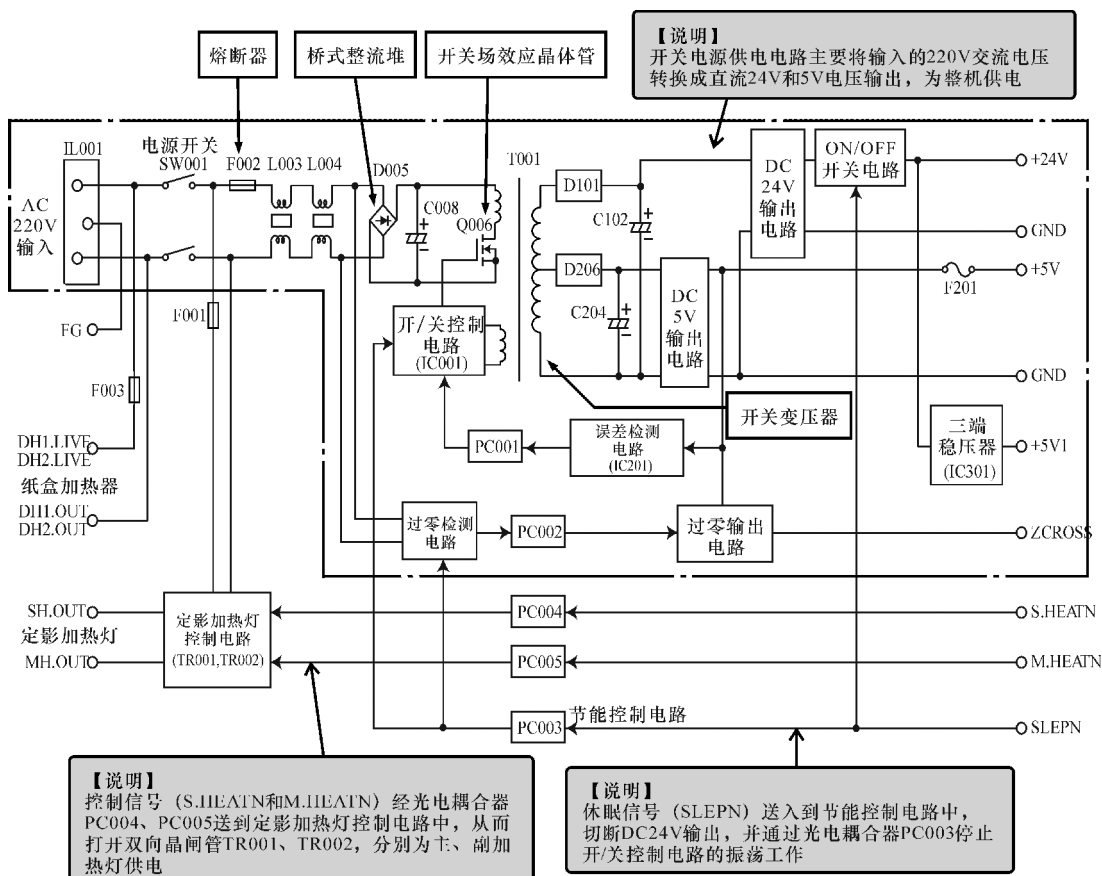


图 12-27 典型数码复印机开关电源电路的识读分析



找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:开关电源电路将输入的 220V 交流电压转换成直流 24V 和 5V 电压,为其他功能电路供电。

定影加热灯控制电路接收到控制信号(S. HEATN 和 M. HEATN)时,该电路打开三端双向晶闸管 TR001、TR002,从而分别为主、副加热灯供电。

当电源供电电路接收到休眠信号(SLEPN)时,节能控制电路会切断 DC 24V 输出,并通过光耦合器 PC003 停止开/关控制电路的起动工作,以及停止交流检测电路的工作。

12.3.6 轻松搞定对扫描仪主控电路的识读分析



扫描仪主控电路是整机控制和数据处理中心,该电路部分主要由数据处理和系统控制芯片、晶体以及外围元件构成。对该电路进行识读时,可从芯片供电引脚、复位信号、时钟信号等关键信号入手,在掌握其基本工作条件后,再扩展识读其他控制信号的功能和流程,最终完成对主控电路的识读。

图 12-28 所示为佳能 N650U 扫描仪主控电路的识读分析。该电路主要由数据处理和系统控制芯片 U2、程序存储器 FB1、图像数据存储器 U3 等部分组成。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:直流 5V 等电压经电容器滤波后送入数据处理和系统控制、存储器等芯片中。晶体为数据处理和系统控制芯片 U2 提供时钟信号,复位信号由芯片的⑨脚送入。

图像数据存储器通过 I/O0 ~ I/O15、A0 ~ A8 各引脚与 U2 相连,对图像处理数据进行暂时存储。图像扫描信号由芯片 U2 的⑤⑧ ~ ⑥⑩脚送入,芯片 U2 的⑩ ~ ⑬脚输出电动机控制信号。

12.3.7 轻松搞定对扫描仪 USB 接口电路的识读分析



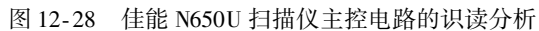
USB 接口电路是扫描仪与计算机进行数据传输的主要通道,计算机的控制指令通过该电路送入到扫描仪主控电路中,主控电路输出的数字图像信号也经该电路送到计算机中。

在该电路进行识读时,可根据 USB 接口的结构特点进行识别,通常 USB 接口包括一个供电引脚和两个数据信号引脚,其余各引脚均为接地端或空脚。了解引脚功能后,再识读信号流程,最终完成对 USB 接口电路的识读。

图 12-29 所示为佳能 N650U 扫描仪 USB 接口电路的识读分析。该电路主要由 USB 接口 J1、互感滤波器 L1、反峰脉冲吸收电路 D1 ~ D4 等部分组成的。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:USB 接口①脚为 5V 电压供电端,计算机送来的 5V 电压经 USB 接口送入扫描仪,经过反峰脉冲吸收和互感滤波器滤除干扰、杂波后,送到主控电路中。

USB 接口②、③脚为数据信号传输端,计算机与主控电路通过数据传输线路传递指令和扫描图像数据。



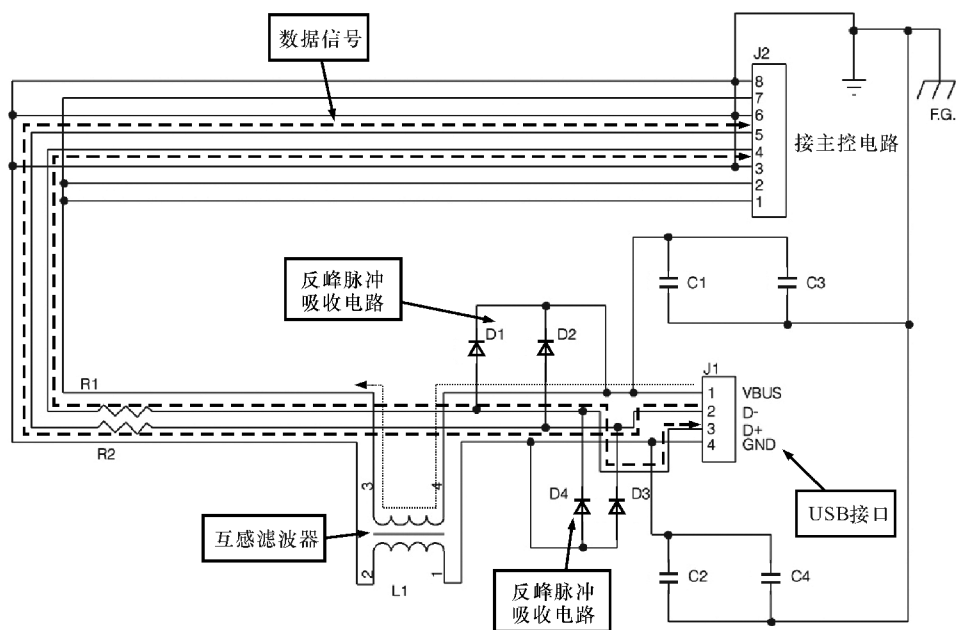


图 12-29 佳能 N650U 扫描仪 USB 接口电路的识读分析

12.4 从“通信设备中的实用电路”入手锻炼识图技能



通信设备是人们日常工作生活中的必备产品，如传真机、电话机、手机等。下面我们将以通信设备中的实用电路为例，对电路特点、识图技巧和识读过程进行详细介绍，使读者的识图能力得到锻炼。

12.4.1 轻松搞定对传真机摘机信号检测电路的识读分析



摘机信号检测电路用来检测传真机的话筒是否抬起，以便传真机转换工作状态。在对摘机信号检测电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对摘机信号检测电路进行识读分析。

图 12-30 所示为传真机摘机信号检测电路的结构。在摘机信号检测电路中可以找到光电耦合器、电阻器、电容器、二极管等元器件。

【注意】



当电话机摘机时，如图 12-30 所示，电话机内的直流回路接通，由于光电耦合器（标准术语为“光耦合器”）PT2、PT3 的两个发光二极管反向并联，因此必有一个导通。导通的发光二极管发出的光照射到对应的光敏三极管上，光敏三极管导通，经驱动器 IC3 反相后，HS1（或 HS2）输出低电平，即表示摘机状态。

当电话机挂机时，由于电话机内的直流回路不通，即使外线电路有直流电压能构成回路，此时光电耦合器 PT2、PT3 的发光二极管也均不导通，与之对应的光敏三极管也不导通，HS1 或（HS2）输出高电平，即表示挂机状态。

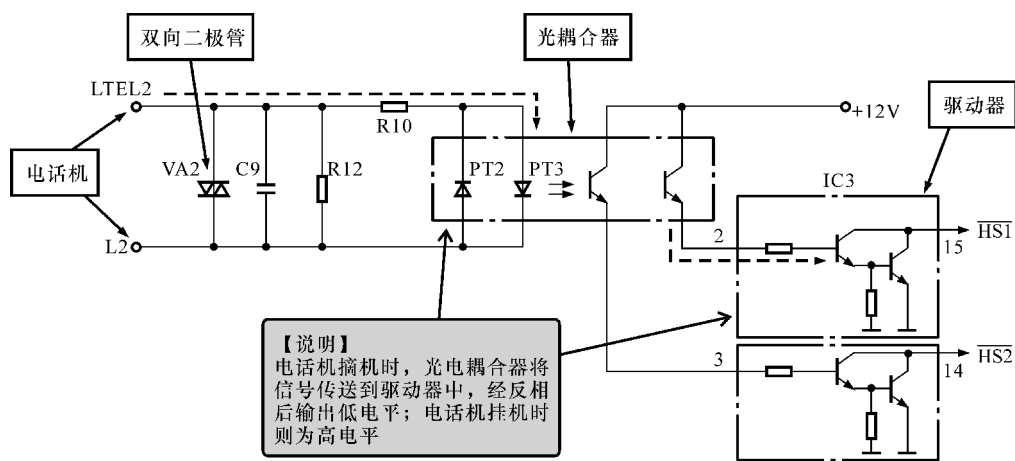


图 12-30 传真机摘机信号检测电路的结构

图 12-31 所示为传真机摘机信号检测电路的识读分析。该电路主要由稳压二极管 VAR1、电阻器 R7、光电耦合器 PC814 构成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当电话机摘机时，电话机内的直流回路接通，光电耦合器 PC814 的两个发光二极管反向并联，必有一个导通发光。导通的发光二极管发出的光照射到光敏三极管上，光敏三极管导通，输出摘机状态信号。

当电话机挂机时，由于电话机内的直流回路不通，此时光电耦合器 PC814 的发光二极管均不导通，PC814 的光敏三极管也不导通，无信号输出，即表示挂机状态。

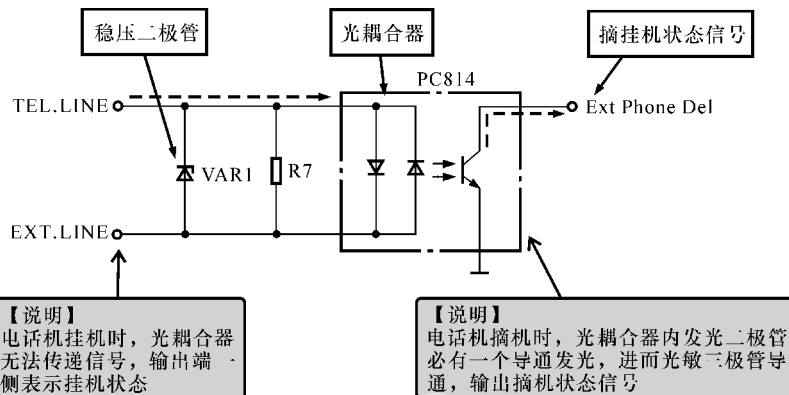


图 12-31 传真机摘机信号检测电路的识读分析



12.4.2 轻松搞定对传真机振铃信号检测电路的识读分析



振铃信号检测电路用来检测线路中的振铃信号，以便传真机控制自身振铃起振工作。在对振铃信号检测电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对振铃信号检测电路进行识读分析。

图 12-32 所示为传真机振铃信号检测电路的识读分析。该电路主要由光电耦合器 PT1，双向二极管 VA1，二极管 D4、D5、ZD1 和 R11、R13 等组成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当振铃信号传来时，经过由 D4 和 D5 组成的半波整流电路，在 D4 整流周期内，PT1 发光二极管导通，对应的光敏三极管也导通，经驱动器 IC3 反相后输出低电平，从而形成 CI（呼叫指示）信号，表示线路上存在振铃呼叫信号。

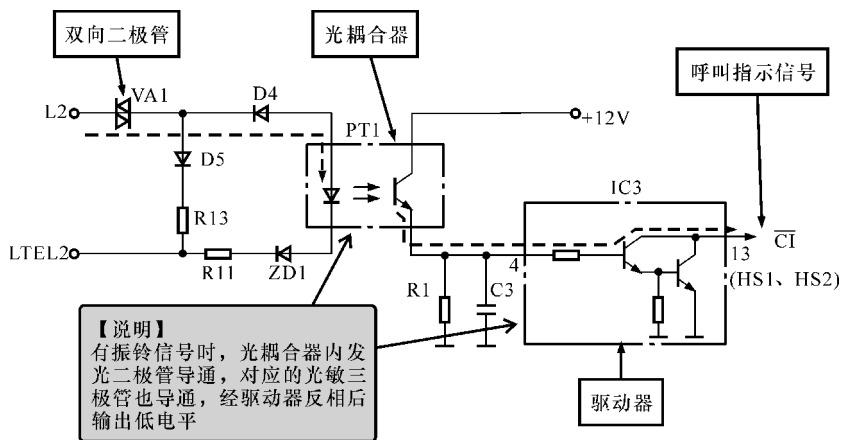


图 12-32 传真机振铃信号检测电路的识读分析



【注意】

如图 12-32 所示，摘机信号检测和振铃信号检测都直接取自电话线路，而电话线两端的直流电压高达 50V 左右，这样高的电压是不能直接加到主控电路上去的，必须转换成标准的 TTL 电平（0V 或 5V）。

电路中的光耦合器 PT1 和驱动器 IC3 就是电平转换的接口电路。从驱动器输出的 CI（HS1、HS2）信号电平都是标准的 TTL 电平，可直接和主 CPU 的输入输出接口相连。光耦合器的另一个重要作用是把电话线路和传真机内部电路隔离开来，防止电话线上的干扰信号窜入主控电路中，影响主控电路正常工作。

12.4.3 轻松搞定对传真机电机驱动电路的识读分析



电动机驱动电路主要用来控制走纸机构中的电动机，从而控制整机的输纸路径，使稿件与打印头同步。在对电动机驱动电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对电动机驱动电路进行



识读分析。

图 12-33 所示为传真机电动机驱动电路的识读分析。该电路主要由主控微处理器 IC501、电动机驱动器 IC508 和驱动电动机等组成的。

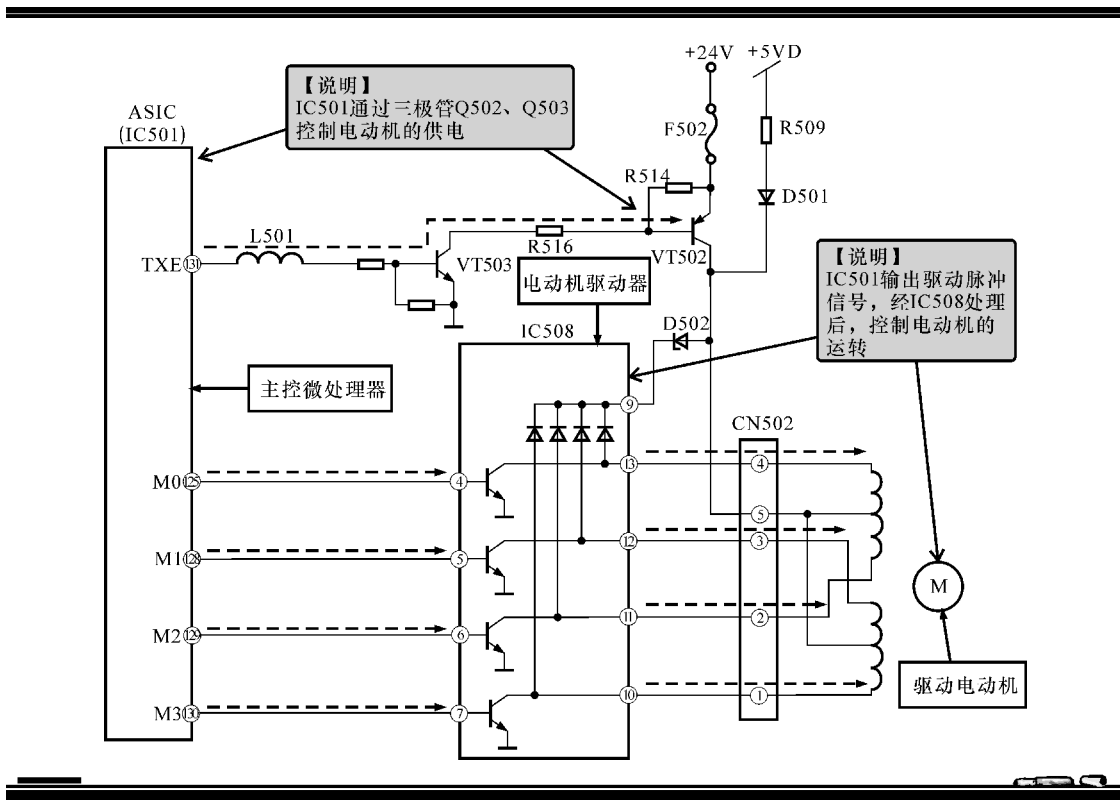


图 12-33 传真机电动机驱动电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：在电动机驱动过程中，主控微处理器 IC501 的⑬脚输出高电平，三极管 VT503 和 VT502 导通，+24V 直流电压经熔断器 F502、三极管 VT502、插件 CN502 的⑤脚后，为驱动电动机线圈提供 +24V 供电电压。

主控微处理器 IC501 的⑫脚、⑫~⑬脚输出步进电动机的驱动脉冲信号，送到电动机驱动器 IC508 的④~⑦脚，经内部处理后分别由⑩~⑬脚输出并加到驱动电动机线圈上，驱动电动机运转并带动各齿轮转动，从而实现纸张的传送。

传真机停止接收传真时，主控微处理器 IC501 的⑬脚为低电平，三极管 VT503 截止，三极管 VT502 也截止，+5V 供电电压经电阻器 R509、二极管 D501 后为驱动电动机线圈供电，此时，驱动电动机保持在适当的位置。当系统处于待机状态时，电动机驱动三极管（IC508 中）全部截止，驱动电动机绕组没有电流流过。

12.4.4 轻松搞定对传真机电源电路的识读分析



传真机的电源电路主要为机器中其他电路和部件提供工作电压，维持整机的正常工作。在对该电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件



在电路中的作用进行充分的了解后,再对电源供电电路进行识读分析。

图 12-34 所示为传真机电源电路的结构。该电路主要由交流输入电路、整流电路、开关晶体管、开关振荡集成电路、反峰脉冲吸收电路、浪涌吸收电路、开关变压器、故障检测电路、24V/5V 输出电路等构成。

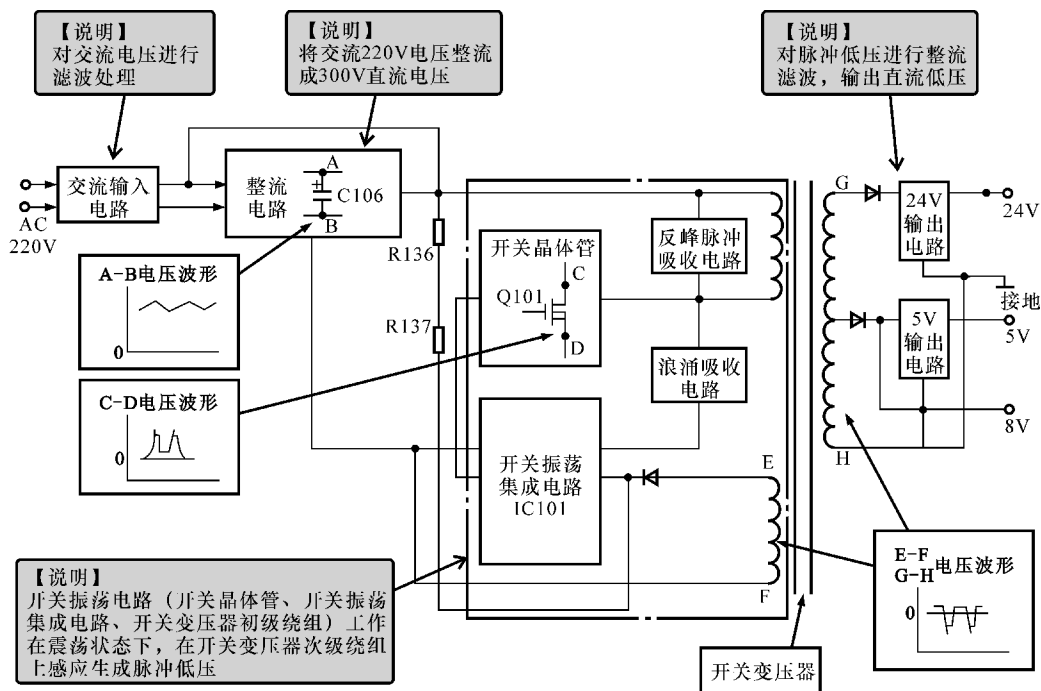


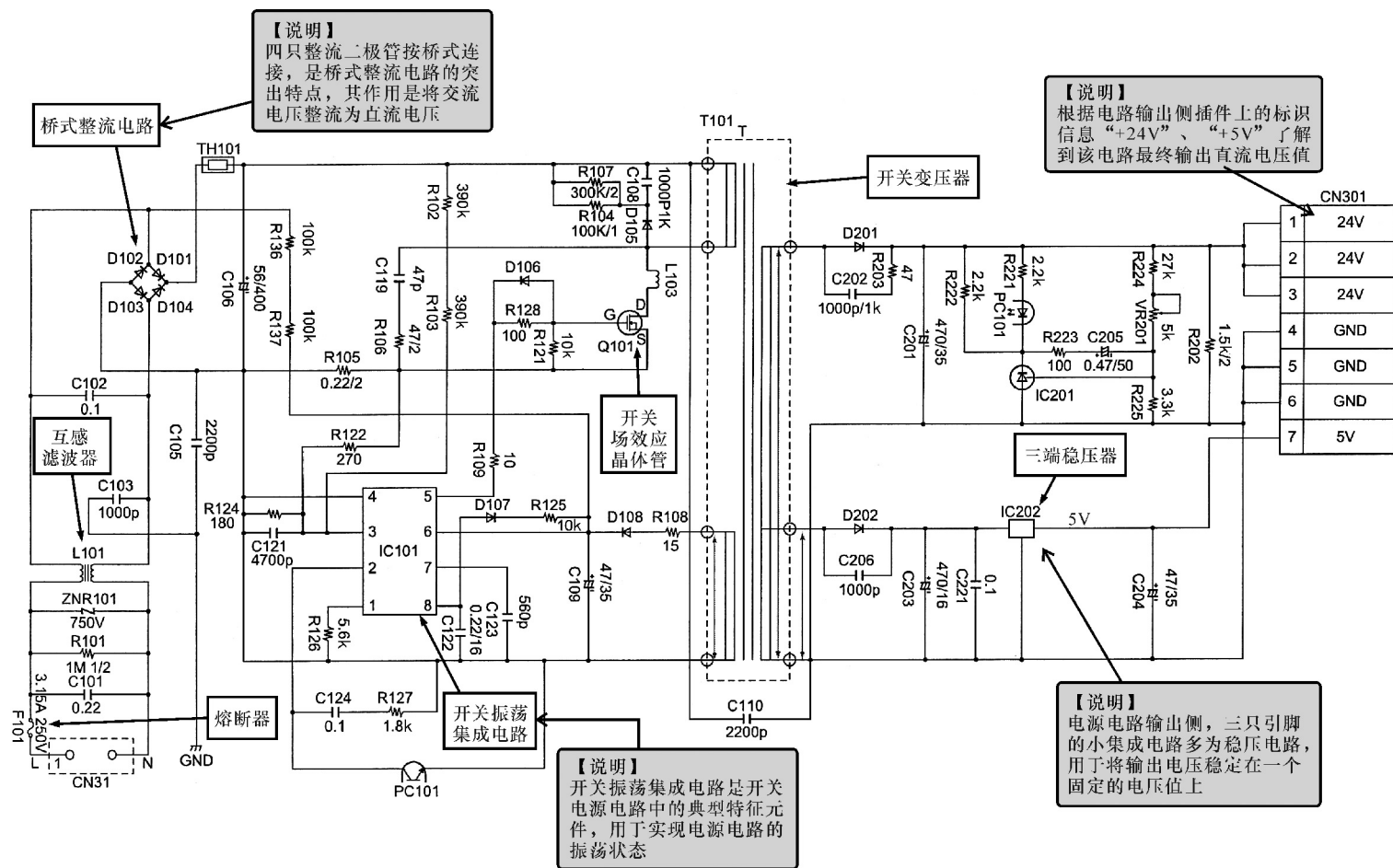
图 12-34 传真机电源电路的结构

【注意】

如图 12-34 所示,交流 220V 电压经交流输入电路、整流电路进行整流滤波,成为 +300V 左右的直流电压,一路直接加到开关变压器中,另一路经起动电阻器 R136 和 R137 加到开关振荡集成电路 IC101 中,经内部处理后,为开关晶体管 Q101 提供脉冲信号。开关晶体管振荡后经开关变压器输出脉冲低压,经整流输出电路后变成直流低压 +24V、+5V 和 +8V,为传真机的各单元电路和其他部件进行供电。

图 12-35 所示为传真机电源电路的识读分析。该电路主要是由熔断器 F101、互感滤波器 L101、桥式整流电路 D101 ~ D104、开关场效应晶体管 Q101、开关振荡集成电路 IC101、开关变压器 T101、三端稳压器 IC202 以及外围元器件组成的。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:交流 220V 电压经滤波电容、过电压保护电路和互感滤波器滤除干扰后,再由桥式整流堆整流成 +300V 直流电压;+300V 直流电压一路经开关变压器初级绕组后加到开关场效应晶体管 Q101 漏极上,为开关管提供偏压,另一路经起动电阻为开关振荡集成电路 IC101 的③脚提供起





IC101 起动后, 开关变压器正反馈绕组输出经 D108 整流滤波后为 IC101 的⑥脚提供正反馈电压, 维持 IC101 的振荡状态。

开关变压器次级输出经 D201 整流、滤波后, 输出 +24V 电压, 经 D202 整流滤波和稳压 (IC202) 后输出 +5V 电压。

误差检测电路设在 +24V 输出电路中, 分压电阻为误差检测电路 IC201 提供取样电压, IC201 的输出经光耦合器 PC101 反馈到 IC101 的②脚进行稳压控制。

12.4.5 轻松搞定对电话机振铃电路的识读分析



振铃电路是提醒用户有电话接入的单元电路, 是电话机主电路板中相对独立的一块电路单元, 一般位于整个主电路板的前端。

图 12-36 所示为多功能电话机振铃电路的结构。该电路主要由叉簧开关 S、振铃芯片 IC301 (KA2410)、匹配变压器 T1、扬声器 BL 以及前级桥式整流电路 VD1 ~ VD4 等部分构成的。

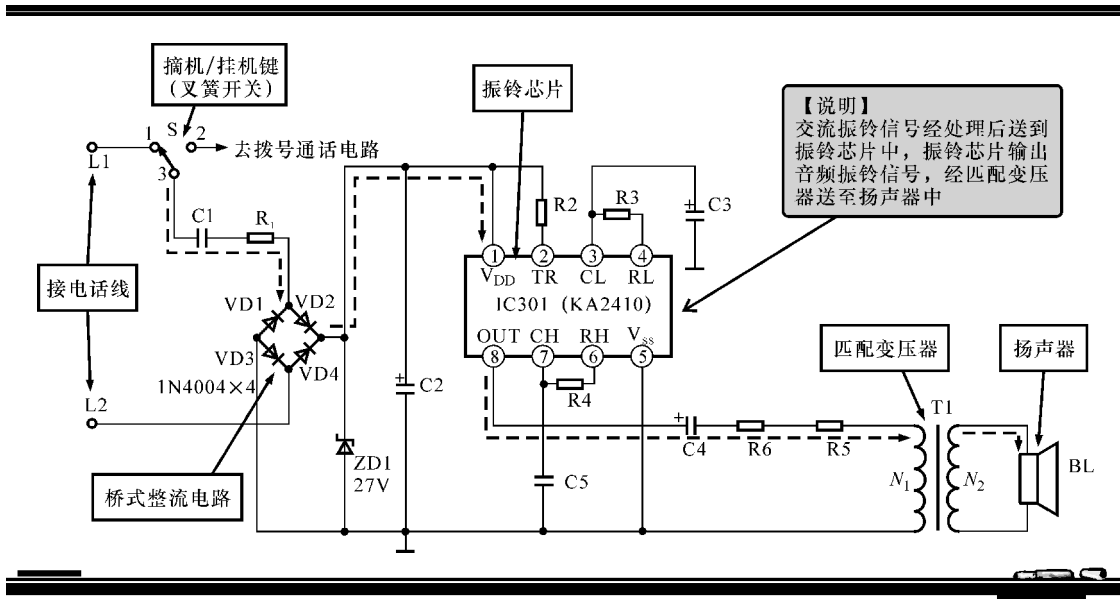


图 12-36 多功能电话机振铃电路的结构



【注意】

当有用户呼叫时, 如图 12-36 所示, 交流振铃信号经外线 (L1、L2) 送入电路中; 在未摘机时, 叉簧开关触点接在 1→3 触点上, 振铃信号经电容器 C1 耦合到振铃电路中, 再经限流电阻器 R1、桥式整流电路 VD1 ~ VD4、C2 滤波以及 ZD1 稳压后, 加到振铃芯片 IC301 的①脚、⑤脚, 为其提供工作电压。IC301 得电后, 其内部振荡器起振, 由一个超低平振荡器控制一个音频振荡器, 并经放大后由⑧脚输出音频振铃信号, 经耦合电容器 C4、电阻器后, 由匹配变压器 T1 送至扬声器发出铃声。



【资料】

在对电话机振铃电路进行识读时,要首先了解电路中主要集成电路的功能特点,这样对识读电路非常有帮助。图 12-37 所示为振铃芯片 KA2410 的内部结构框图,通过识读该框图,有助于理解和分析整个电路的信号关系。

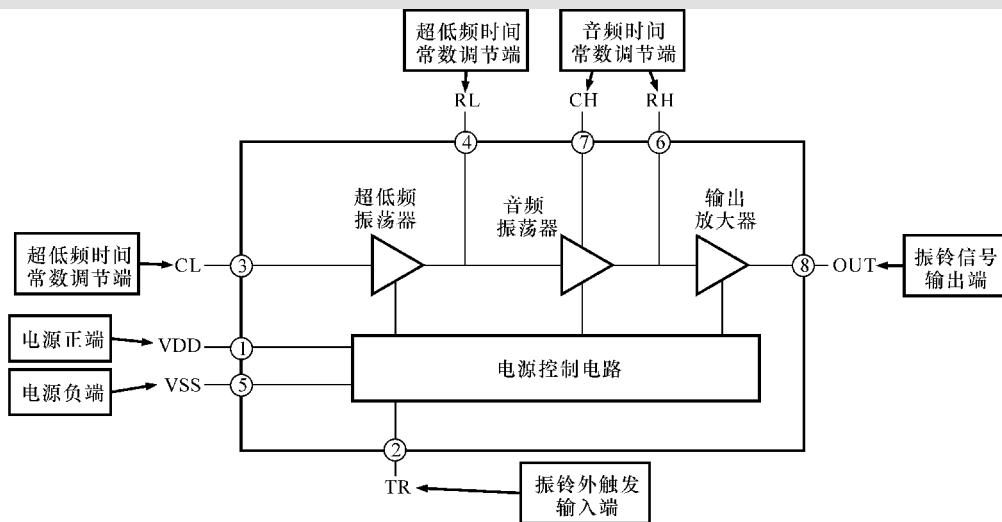


图 12-37 振铃芯片 KA2410 的内部结构框图

在对振铃电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对振铃电路进行识读分析。

图 12-38 所示为采用 C4003 芯片的电话机振铃电路的识读分析。该电路主要由叉簧开关 S、振铃芯片 IC1 (C4003)、匹配变压器 T1、扬声器 BL 以及前级整流电路 VD1 ~ VD4 等部分组成。

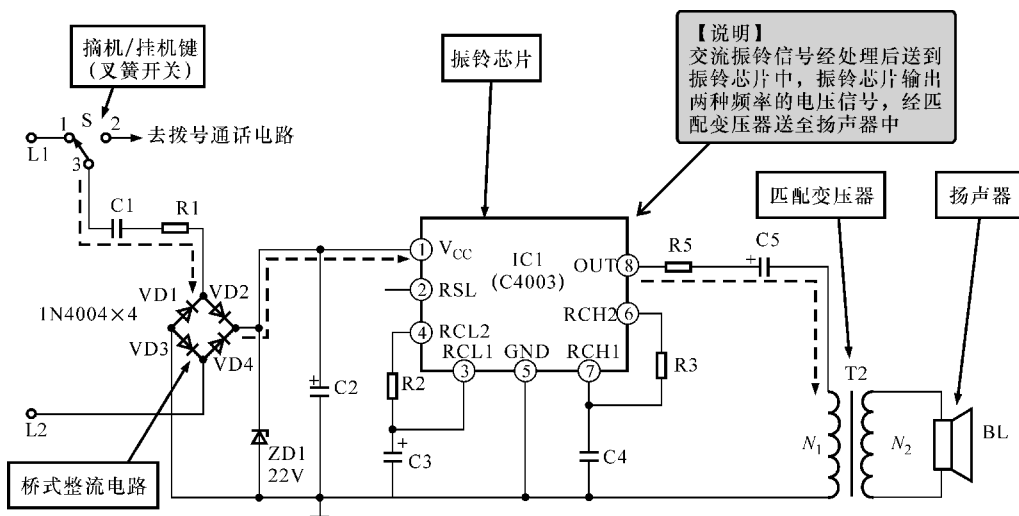
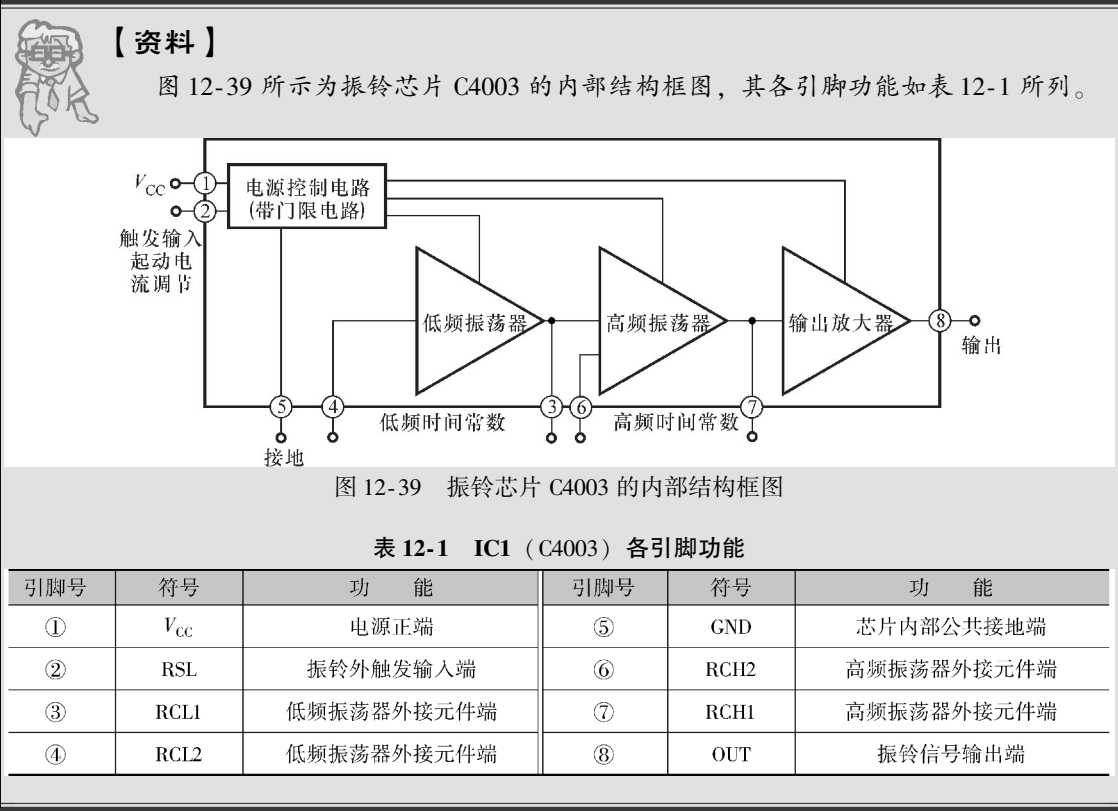


图 12-38 采用 C4003 芯片的电话机振铃电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当有用户呼叫时，交换机产生交流振铃信号，经外线（L1、L2）送入电路中。在未摘机时，叉簧开关触点接在1→3触点上，振铃信号经电容器C1、R1限流降压，再经VD1~VD4整流、C2滤波后，送到IC1（C4003）的①脚，为芯片提供直流电源，稳压二极管ZD1将直流电压限制在22V以内。

当IC1（C4003）获得工作电压后，其内部振荡器起振，将直流电压变成高、低交替的两种频率的电压信号，从⑧脚输出，经R5限流、C5耦合、T1阻抗变换后，推动低阻抗扬声器发出振铃声。



12.4.6 轻松搞定对电话机拨号电路的识读分析

电话机的拨号电路是电话机实现向外拨打功能的单元电路，在对拨号电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对拨号电路进行识读分析。

图12-40所示为电话机拨号电路的识读分析。该电路主要由拨号芯片IC3（HM9102D）、晶体G1、键盘以及外围电路元器件构成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：拨号芯片IC3（HM9102D）的⑩脚为电源供电端，⑪脚接地；①~④脚、⑮~⑱脚与操作按键电路相连，用于接收拨号指令或其他功能指令；⑧、⑨脚和晶体G1（3.58MHz）组成时钟振荡电路，为电路提供时钟信号；IC3的工作状态受SW4控制，SW4为拨号制式选择开关，当SW4置于“2”位时，V_{cc}加至⑦脚，使其为高电平，内部系统被设定为脉冲拨号；当SW4置于“3”位时，⑦脚为低电平，内部系统被设定为双音频拨号。

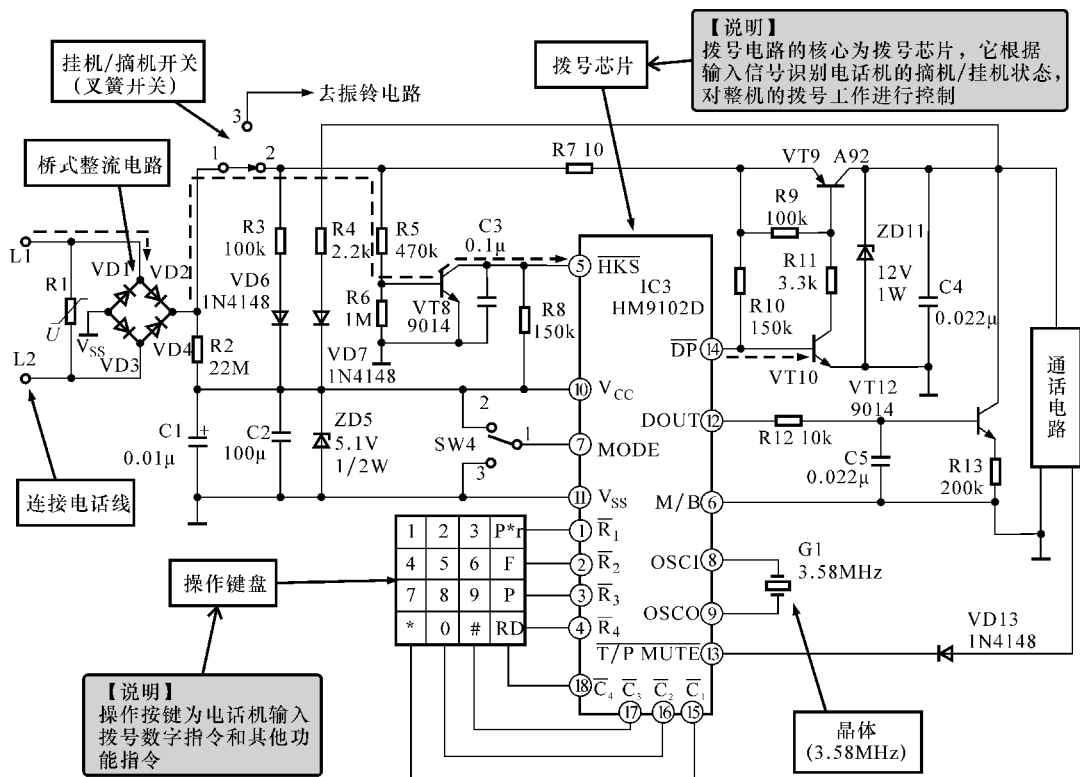


图 12-40 电话机拨号电路的识读分析

在电话机处于摘机状态下，叉簧开关 1→2 触点接通，由电话线路送来的信号经桥式整流电路（VD1～VD4）作为起动信号加到 VT8 的基极，VT8 为芯片 IC3 提供起动信号，芯片进入工作状态，IC3 的⑭脚脉冲输出端输出高电平加至三极管 VT10 的基极，使 VT10 和 VT9 饱和导通，在外线直流信号的控制下，电话机直流回路被接通，电路进入待拨号和通话状态；在摘机状态下，操作拨号按键由 IC3 的⑫脚输出拨号信号，送到电话线路传输出去。

在挂机状态下，电话线路的电压经 VD1～VD4 和 R2 获得维持电流，并为 IC3 的⑩脚供电，VT8 因基极电压消失而截止，IC3 的⑩脚的电压加到芯片的⑤脚，使其获得高电平，于是 IC3 的⑭脚输出低电平，三极管 VT10、VT9 截止，电路进入休眠状态。

可以看出，在识读分析拨号电路时，了解拨号芯片的引脚功能是十分重要的。下面我们再来对另一种拨号芯片进行识读分析，锻炼一下识读能力。

图 12-41 为液晶屏电话机中的拨号芯片及其外围电路原理图。可以看到，该电路是以拨号芯片 IC6（KA2608）为核心的电路单元，该芯片是一种多功能芯片，其内部包含有拨号控制、时钟及计时等功能。

由图 12-41 可知，拨号芯片 IC6（KA2608）的③～⑭脚为液晶显示器的控制信号输出端，为液晶屏提供显示驱动信号；⑨脚外接 D100 为 4.7V 的稳压二极管，为液晶屏提供一个稳定的工作电压；⑭、⑮脚外接晶体 X2、谐振电容 C103、C104 构成时钟振荡电路，为芯片提供时钟信号。

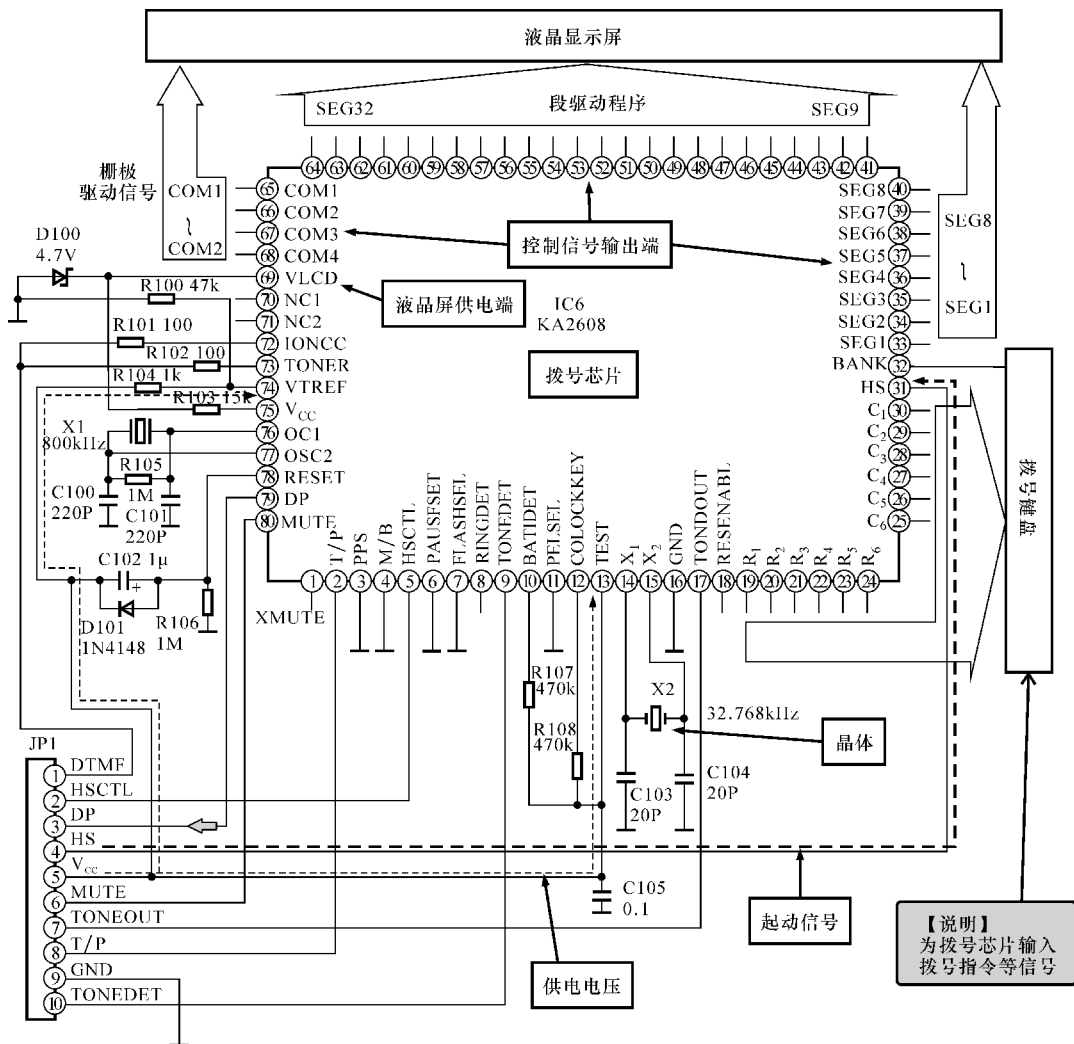


图 12-41 液晶屏电话机中的拨号芯片及其外围电路原理图

IC6 (KA2608) 的⑲~⑳、㉔~㉕脚与操作按键电路板相连, 组成 6×6 键盘信号输入电路, 用于接收拨号指令或其他功能指令。

另外, IC6 (KA2608) 的㉑脚为起动端, 该端经插件 JP1 的④脚与主电路板相连, 用于接收主电路板部分送来的起动信号 (电平触发)。

在这里我们也可以看到, JP1 为拨号芯片与主电路板连接的接口插件, 各种信号及电压的传输都是通过该插件进行的, 如主电路板送来的 5V 供电电压, 经 JP1 的⑤脚后, 分为两路, 一路直接送往 IC6 芯片的⑬脚, 为其提供足够的工作电压; 另一路经 R104 加到芯片 IC6 的⑦④脚, 经内部稳压处理, 从其⑦⑤脚输出, 经 R103、D100 后为显示屏提供工作电压。

除此之外, IC6 芯片的⑦⑦脚、⑦⑥脚和晶体 X1 (800kHz)、R105、C100、C101 组成拨号振荡电路, 工作状态由其③③脚的起动电路进行控制。



12.4.7 轻松搞定对电话机通话电路的识读分析



通话电路的主要功能是完成双向通话，即完成声→电和电→声的转换过程，这也是电话机最基本的功能。除此之外，通话电路外围还设有一些辅助功能电路，如消侧音电路、静噪电路等。

图 12-42 所示为典型电话机通话电路中受话电路部分的结构。该电路主要由两级直接耦合放大器（VT6、VT7）、听筒 BE 以及外围元件构成。

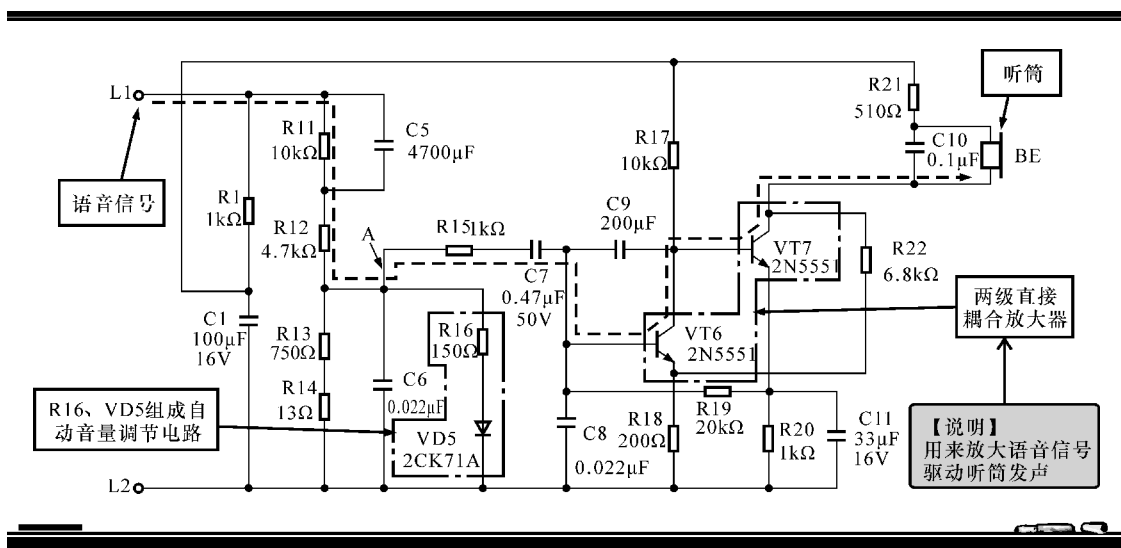


图 12-42 典型电话机通话电路中受话电路部分的结构



【注意】

通话时，如图 12-42 所示，外线上的高电位经 R17 加到 VT7 的基极，为 VT6、VT7 提供直流偏压，使之处于放大状态。此时，来自用户电话线上的语音信号经输入电路后，由电容器 C7 耦合到三极管 VT6 基极，经 VT6、VT7 两级放大后送到听筒，由听筒将该电信号还原为声音信号，发出声音。

该电路中，R16、VD5 组成自动音量调节电路，当通话话机的距离较近时，线路电阻减小，供电电流增大，电路中 R15 前端的 A 点的电源上升，使 VD5 导通，R16 对语音信号分流，避免受话量过大；当话机距离较远（大于 5km）时，线路电阻增大，供电电流减小，A 点处电压降低，VD5 截止，R16 不对语音信号进行分流，使受话音量不会过低，从而达到自动音量调节的目的。

图 12-43 所示为电话机通话电路中送话电路部分的结构。该电路主要由两级直接耦合放大器（VT1、VT4）、话筒 BM 以及外围元器件构成。

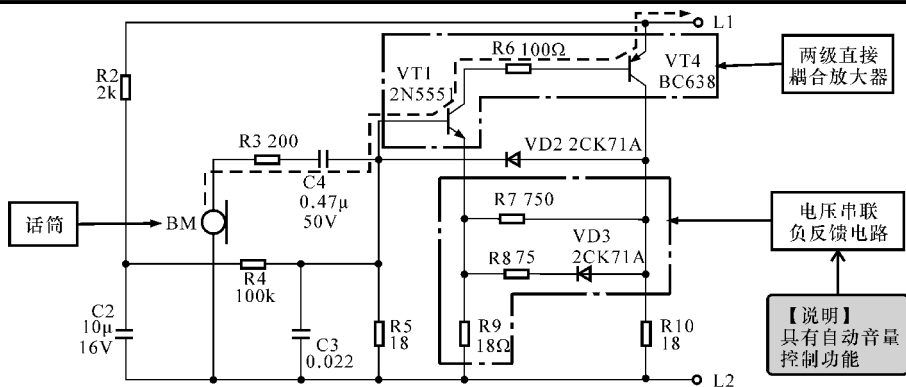


图 12-43 电话机通话电路中送话电路部分的结构

【注意】



如图 12-43 所示, 声音信号经话筒转换为电信号, 经电阻器 R3、电容器 C4 耦合至放大器 VT1 基极, 经 VT1、VT2 两级放大后, 由 VT4 发射极输出, 送至外线路中。同时外线路 L1 端又是放大器的供电电源。

该电路中, R9 和 R8、R7、VD3 构成电压串联负反馈电路, 具有自动音量控制功能。当话筒输出的信号很强时, VD3 导通, 负反馈信号加强, 使输出减小; 当输出信号较弱时, VD3 截止, 负反馈信号减弱, 使输出信号不会减小很多, 从而使输出信号基本稳定, 起到自动音量控制的作用。

电阻器 R5、R10 为放大器 VT4 集电极的负载电阻, VD2 起隔离作用, 阻断 L2 端电压通过电阻器 R10 加到 VT1 的基极, 从而保证 VT1、VT4 处于放大状态。

在对通话电路进行识读时, 可以将常见的元器件、功能电路进行划分, 对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后, 再分别对通话电路中的送话和受话部分进行识读分析。

图 12-44 所示为电话机通话电路的识读分析。该电路主要由通话集成电路 IC201、听筒 BE、

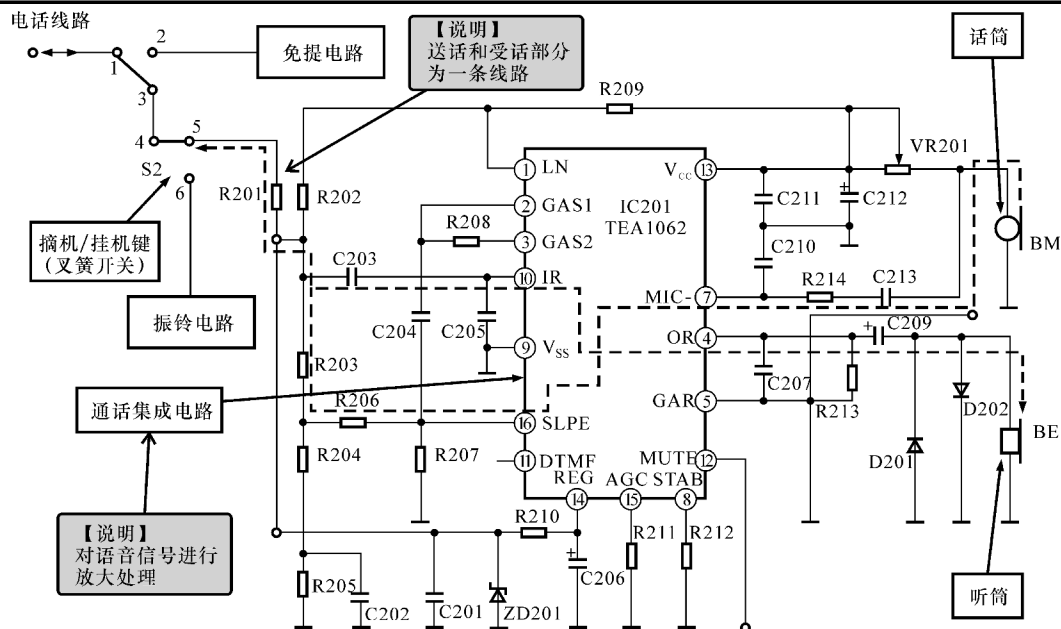


图 12-44 电话机通话电路的识读分析



话筒 BM 以及其他元器件构成。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:电源从外线送入通话集成电路 IC201 芯片的①脚,同时经电阻器 R209、电容器 C212 滤波后加到芯片的⑬脚,为芯片提供工作电压。

当用户说话时,话音信号经话筒 BM 转换成电信号,再经电容器 C213、电阻器 R214 后加到芯片的⑦脚,经 IC201 放大后,由其⑩脚输出,送往外线;

在使用听筒接听对方声音时,提起听筒后,摘机/挂机开关 S2 触点 4→5 闭合,4→6 断开。外线送来的话音信号,经电阻器 R201、C203 后加到 IC201 的⑩脚,经 IC201 芯片内部放大后,由其④脚输出,再经耦合电容 C209 后,送至听筒 BE。听筒 BE 再将电信号还原为声音信号,便可听到对方的声音了。



【注意】

通话集成电路 TEA1062 的内部结构框图如图 12-45 所示,了解该集成电路的内部结构,对弄清其功能、识读电路非常有帮助。

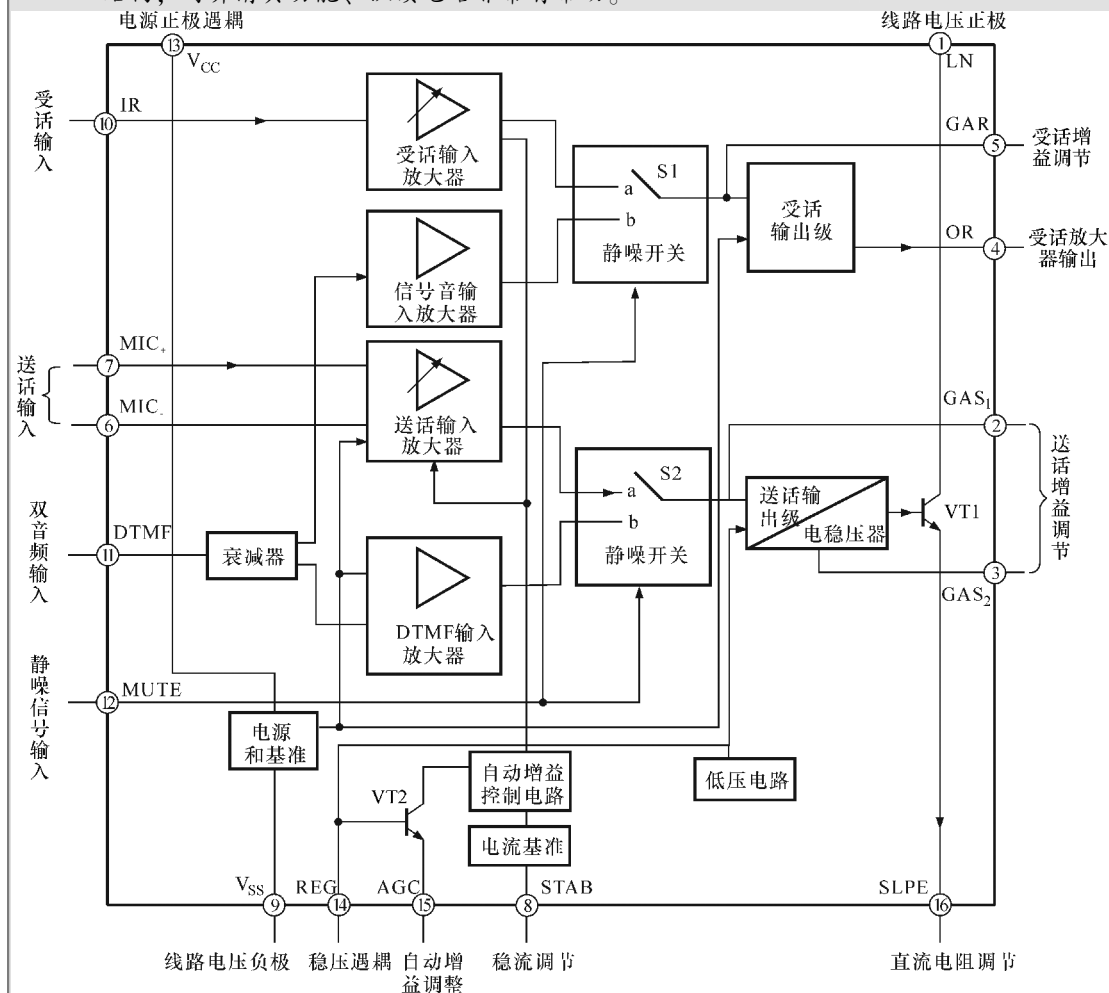


图 12-45 通话集成电路 TEA1062 的内部结构框图



12.4.8 轻松搞定对手机 SIM 卡接口电路的识读分析



SIM 卡接口电路用来插接手机 SIM 卡，手机便可通过该接口电路与 SIM 卡实现通信，实现通话、收发短信、上网（2G/3G）等功能。

图 12-46 所示为手机 SIM 卡接口电路的结构。该电路主要由 SIM 卡接口 X2700 以及外围元器件构成。

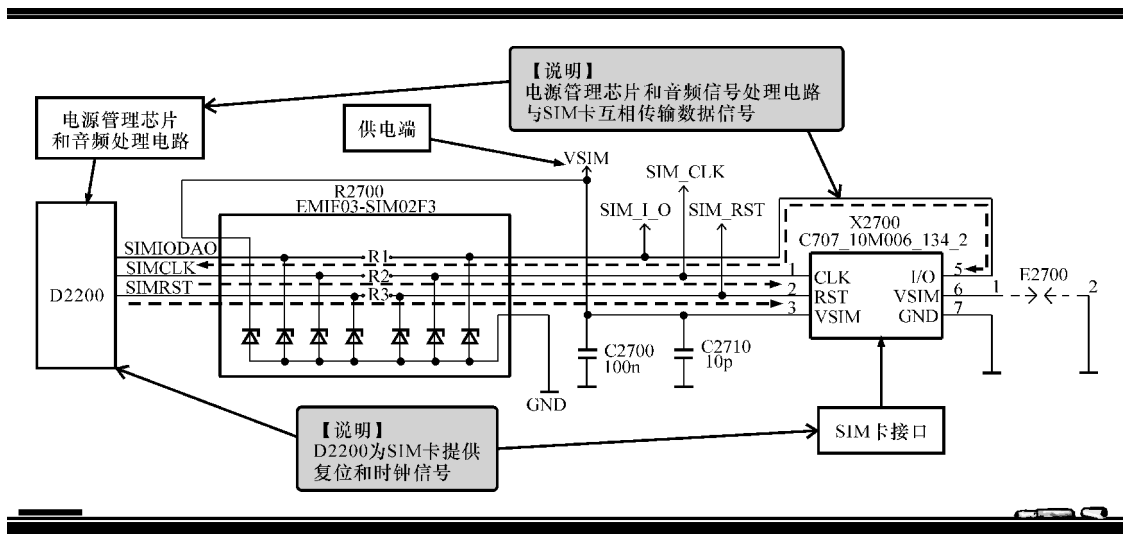


图 12-46 手机 SIM 卡接口电路的结构

在对 SIM 卡接口电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对 SIM 卡接口电路进行识读分析。

图 12-47 所示为三星 SGH - E848 型手机 SIM 卡接口电路的识读分析。该电路主要由 SIM 卡接口 SIM300 以及外围元器件构成。

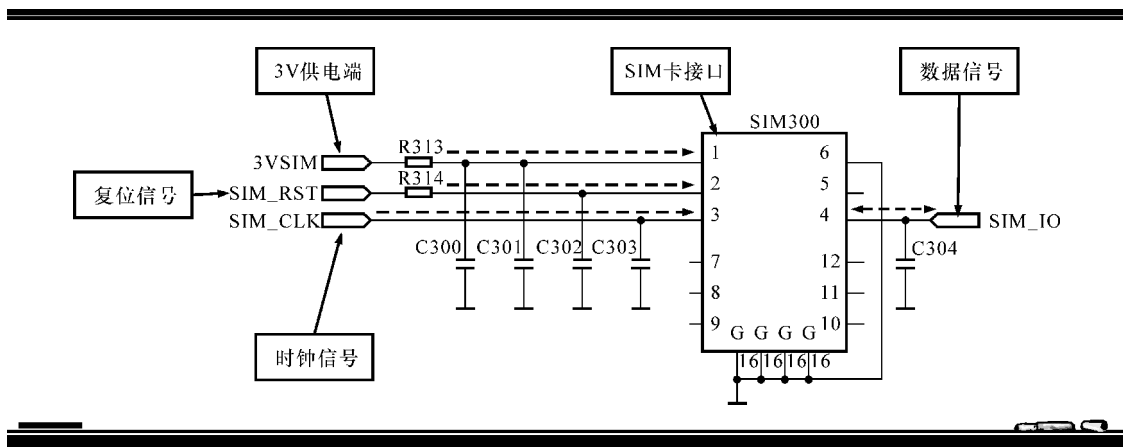


图 12-47 三星 SGH - E848 型手机 SIM 卡接口电路的识读分析



找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：SIM300 的①脚为 SIM 接口 3V 供电电压端，由前级电路输出的复位（SIM_RST）信号、时钟（SIM_CLK）信号分别送到 SIM 接口的②、③脚；SIM300 通过④脚与前级电路传输数据信号（SIM_DIO）

图 12-48 所示为摩托罗拉 L7 型手机 SIM 卡接口电路的识读分析。该电路主要由 SIM 卡接口 M507 以及外围元器件构成。

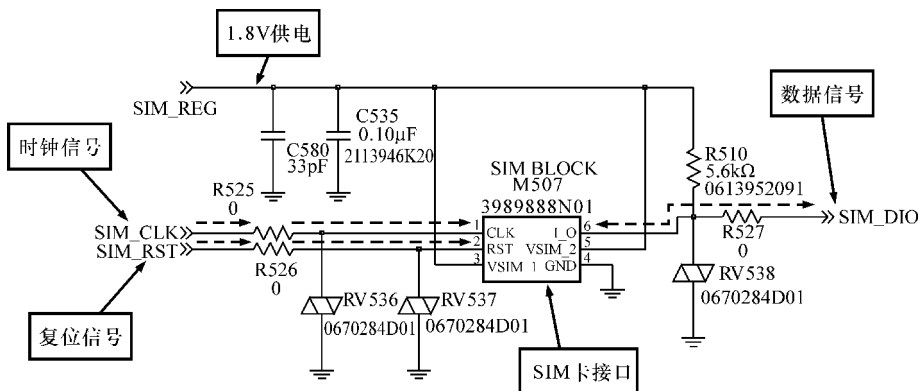


图 12-48 摩托罗拉 L7 型手机 SIM 卡接口电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：SIM 卡接口连接 SIM 卡实现手机入网并进行接收和发射信息等功能，该电路的供电电压为 1.8V；微处理器输出 SIM_CLK 和 SIM_RST 信号送到 SIM 卡接口中，SIM 卡接口与微处理器互相传输数据信号 SIM_DIO。

12.4.9 轻松搞定对手机存储卡接口电路的识读分析



存储卡接口电路用来插接 MINI SD 卡，使手机通过该接口电路与存储卡实现数据写入和读取功能，增加手机的存储容量。

图 12-49 所示为手机存储卡接口电路的结构。该电路主要由存储卡接口 X3200、存储卡控制芯片 N3200 以及外围元件构成。

在对存储卡接口电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对存储卡接口电路进行识读分析。

图 12-50 所示为摩托罗拉 L7 型手机存储卡接口电路的识读分析。该电路主要由存储卡接口 J511 以及外围元器件构成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：存储卡接口 J511 的④脚为 2.8V 供电端；①、②、⑦脚和⑧脚为数据信号端，⑤脚为时钟信号端。

图 12-51 所示为 Nokia N8-00 型手机存储卡电路的识读分析。该电路主要由 16GB 存储器、微处理器及数据处理芯片、稳压管以及外围元器件构成。

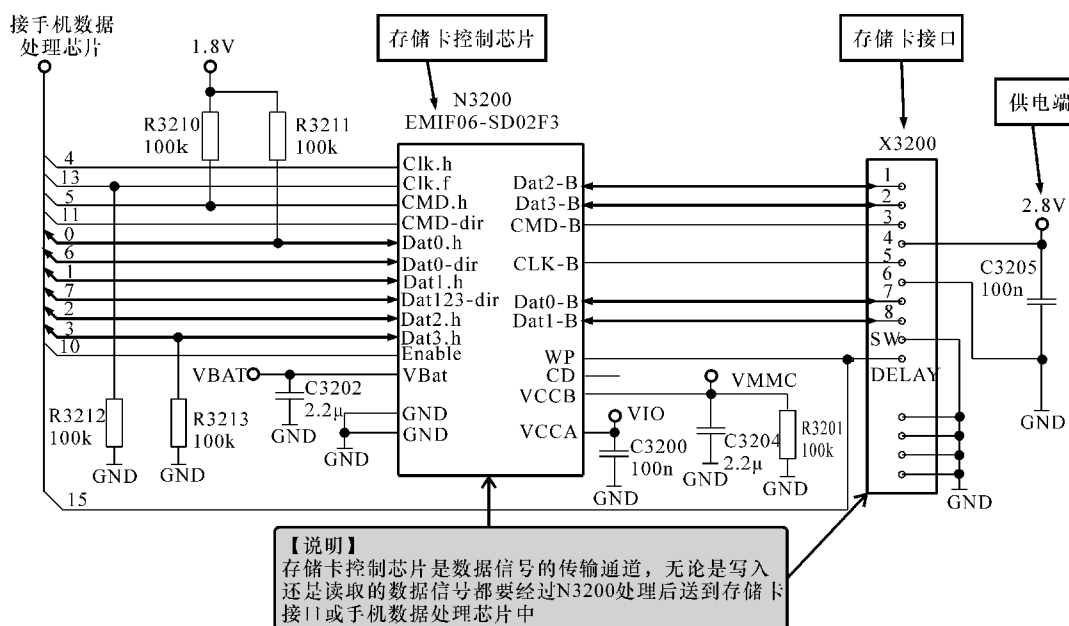


图 12-49 手机存储卡接口电路的结构

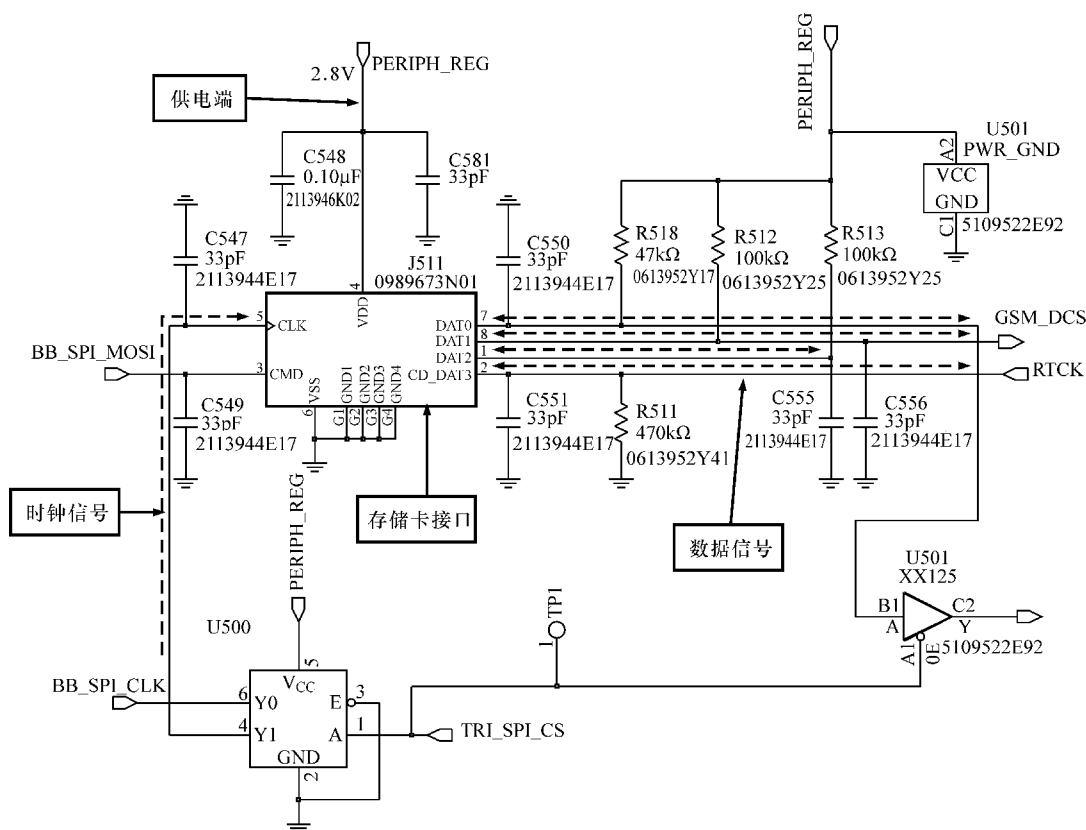


图 12-50 摩托罗拉 L7 型手机存储卡接口电路的识读分析

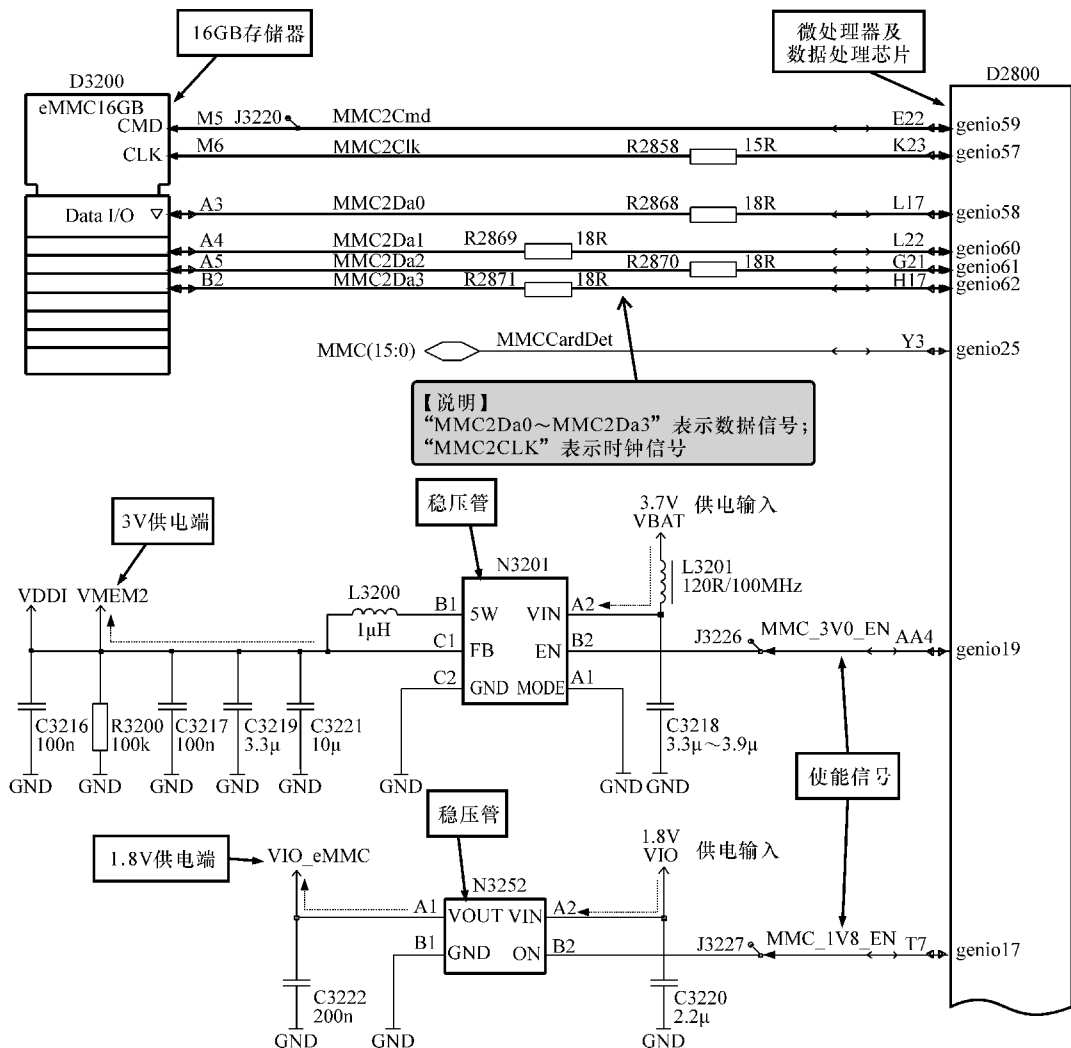


图 12-51 Nokia N8-00 型手机存储卡电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：电源电路送来的 1.8V 直流供电电压经稳压管 N3252 稳压后，输出 VIO - eMMC (1.8V) 为 16GB 大容量存储器供电；同时，电源电路送来的 3.7V 直流供电电压经稳压管 N3201 稳压后，输出 VMEM2 (3V)，也为 16GB 大容量存储器供电；两组供电构成存储器的基本供电条件。

16GB 大容量存储器与微处理器及数据处理芯片之间通过六条信号线进行通信，完成数据的存储及调用。

12.4.10 轻松搞定对手机 USB 接口电路的识读分析



手机的 USB 接口电路是手机与外部设备进行数据传输的关键电路，对此类电路的识读，要先找接口部件，再沿接口引脚明确数据传输线路进行识读。



图 12-52 所示为摩托罗拉 V3i 型手机 USB 接口电路的识读分析。该电路主要由 USB 接口 J1 以及外围元器件构成。

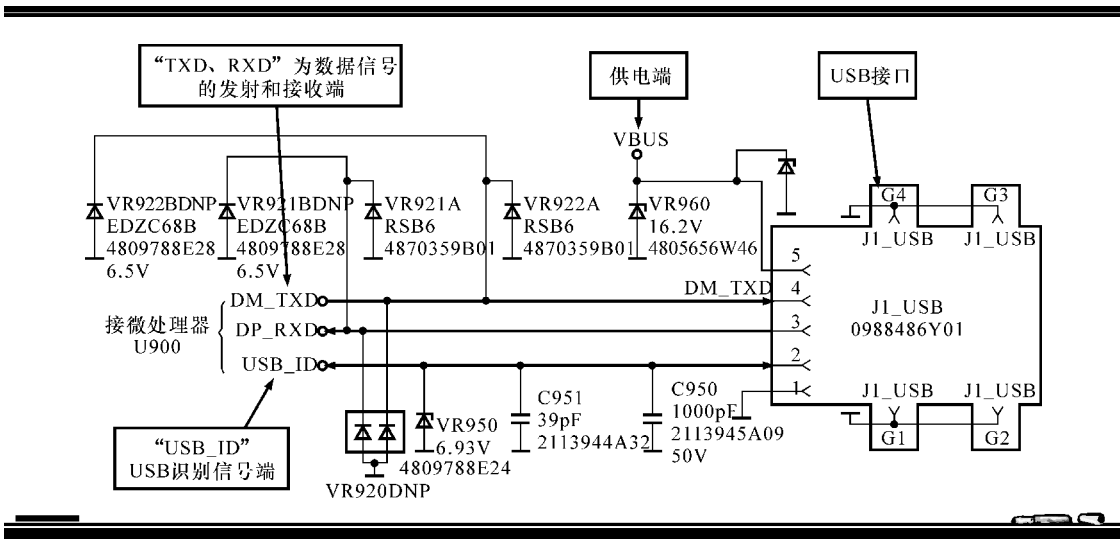


图 12-52 摩托罗拉 V3i 型手机 USB 接口电路的识读分析

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：当手机通过 USB 接口和数据线与计算机或笔记本电脑等设备的 USB 接口进行连接后，手机 USB 接口中的 VBUS 脚电压上升到 5V，计算机或笔记本电脑通过 USB 接口为手机充电。

同时，经手机 USB 接口的识别脚②脚（USB_ID）识别到与计算机等设备的连接。

当手机被计算机等设备识别后，通过 USB 接口数据端（③脚 DP_RXD、④脚 DM_TXD）进行数据的接收和传送，即可实现手机与计算机等设备之间的数据存取功能。

12.4.11 轻松搞定对手机 FM 收音电路的识读分析



手机的 FM 收音电路主要用来接收处理天空中的调频信号，使手机用户能够收听广播节目，所有手机中的 FM 收音电路都有一个共性，就是都需要使用耳机作为天线。

图 12-53 所示为典型手机 FM 收音电路的结构。该电路主要由 FM 收音处理芯片以及外围元器件构成。

在对 FM 收音电路进行识读时，可以将常见的元器件、功能电路进行划分，对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后，再对 FM 收音电路进行识读分析。

图 12-54 所示为索尼爱立信 K700C 型手机 FM 收音电路的识读分析。该电路主要由 FM 收音处理电路 N4100 以及外围元器件构成。

找到了该电路中的主要元器件后，便可对电路进行识读。通过对电路的分析，我们可以识读出：耳机插入耳机接口作为天线，接收天空中的 FM 射频信号。射频信号送到 FM 收音处理电路 N4100 的③⑤、③⑦脚，经过处理后由②③、②②脚输出左、右音频信号送到音频信号处理电路中。

12.4.12 轻松搞定对手机蓝牙通信电路的识读分析



手机蓝牙电路是手机中比较重要的辅助功能电路之一，它是一种短距离的无线通信电路，可以实现设备之间的无线信息交换和控制。

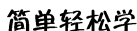
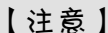


图 12-55 所示为典型手机蓝牙通信电路的结构（Nokia 5300 型）。该电路主要由蓝牙模块 N6030、滤波电路 Z6030、蓝牙天线以及外围元器件构成。



在接收状态时,如图 12-55 所示,由蓝牙天线接收的外部传送过来的信号,经滤波电路 Z6030 后,将 TX 信号送入蓝牙模块 N6030 的 TX_ A 和 TX_ B 端,经蓝牙模块处理后,分别经 LPRF_ CMT (6:0) 和 PCM (3:0) 端送入手机数据处理芯片内,再进行数据的处理和存储操作。

在发射状态时,需发射的数据信号经手机数据处理芯片后,经 PUSL (7:0)、LPRF_ CAT (6:0)、PCM (3:0) 端,送入蓝牙模块 N6030 中,经处理后,由 TX_ A 和 TX_ B 端送入滤波电路 Z6030 中,再经蓝牙天线 J6006 或 J6007 发射出去。

在对蓝牙通信电路进行识读时,可以将常见的元器件、功能电路进行划分,对各功能部件在电路中的作用进行充分的了解后,再对蓝牙通信电路进行识读分析。

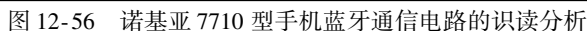
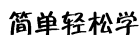
图 12-56 所示为诺基亚 7710 型手机蓝牙通信电路的识读分析。该电路主要由蓝牙模块 N6030、滤波电路 Z6030、蓝牙天线以及外围元器件构成。

找到了该电路中的主要元器件后,便可对电路进行识读。通过对电路的分析,我们可以识读出:蓝牙天线接收到信号后,送到蓝牙模块中,经过处理后送入微处理器电路中。

同时，手机中的微处理器将要发送的数据送入蓝牙模块中，经过处理后也由蓝牙天线传送出去。



269



简单轻松学电工检修

简单轻松学电工操作

简单轻松学电气安装

简单轻松学制冷维修

简单轻松学家电维修

简单轻松学元器件检测

简单轻松学电动机检修

简单轻松学PLC与PLC电路

简单轻松学电工电路识图

简单轻松学电子电路识图

简单轻松学电子仪表使用

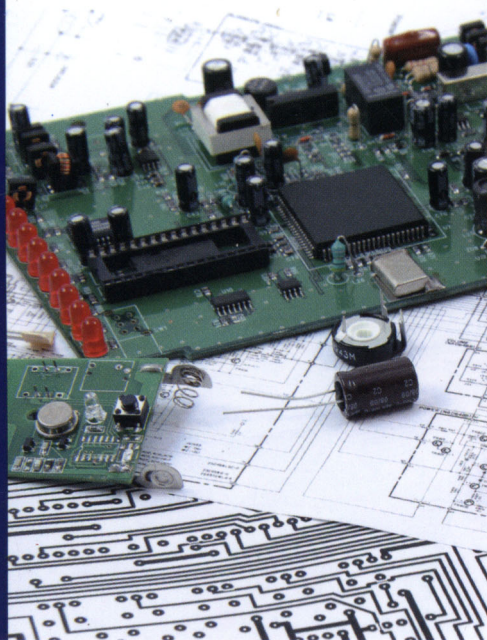
简单轻松学电子电路检测

简单轻松学电子产品装配

简单轻松学变频器与变频电路

简单轻松学电工线路规划与改造

简单轻松学电气控制与PLC应用



学习卡

TAO TAO
面值:50积分

- ◆ 网络远程培训
- ◆ 最新资讯阅读
- ◆ 资格考核认证
- ◆ 教学资料下载
- ◆ 技术问题交流
- ◆ 职业规划指导

登录官方网站: www.chinadse.org

数码维修工程师?
你准备好了吗?

面向维修 权威认证 工程引导 注重技能

+权威资格认证 +专业教学辅导 +全面技术服务...



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

数码维修工程师鉴定指导中心
Digital Service Engineer Examination Center



✂ 请剪开贴膜, 取出卡片

地址: 北京市百万庄大街22号

邮政编码: 100037

电话服务

社服务中心: 010-88361066

销售一部: 010-68326294

销售二部: 010-88379649

读者购书热线: 010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术 / 电子技术

ISBN 978-7-111-45660-5

策划编辑◎张俊红

ISBN 978-7-111-45660-5



9 787111 456605 >

定价: 44.90元